

**Fitness, kognitive Leistungsfähigkeit und
Wohlbefinden bei jungen Erwachsenen
– Interventionsstudien zum Einfluss von
Ausdauertraining**

angenommene DISSERTATION

Zur Erlangung des akademischen Grades eines

DOKTORS DER PHILOSOPHIE (Dr. phil.)

von der Fakultät für Geistes- und Sozialwissenschaften
des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)

von Katrin Walter (geb. Rummer)

aus Karlsruhe

Tag der mündlichen Prüfung: 04.03.2015

Dekan: Prof. Dr. Andreas Böhn

Erstgutachter: Prof. em. Dr. Klaus Bös

Zweitgutachter: Prof. Dr. Alexander Woll

*Was bleibt,
wenn alles Vergängliche geht,
ist die Liebe.*

Unbekannter Verfasser

Für meinen Papa

DANKSAGUNG

Die Erstellung meiner Dissertation wäre ohne die Mitarbeit und Unterstützung zahlreicher Menschen nicht möglich gewesen, daher ist es jetzt an der Zeit, mich bei allen zu bedanken, die mich auf diesem langen Weg begleitet haben.

Mein größter Dank gilt meinem Doktorvater, Professor Dr. Klaus Bös, der mich kontinuierlich auf meiner akademischen Laufbahn fördert und mir stets mit seinem unerschöpflichen Fundus an thematischen und wissenschaftlichen Ratschlägen zur Seite steht. Ich danke Ihnen sehr für die ausgezeichnete Betreuung und vor allem für die mit mir aufgebrachte Geduld. Prof. Dr. Alexander Woll danke ich ebenfalls herzlich für sein Zweitgutachten.

Bei Dr. Ing. Stefan Hey, dem Leiter der Research Group hiper.campus möchte ich mich neben der gesamten materiellen und technischen Unterstützung insbesondere für das angenehme Arbeitsklima bedanken. Aber auch die fortwährende inhaltliche Betreuung, die stets konstruktive Kritik und die jederzeit hilfreichen fachkompetenten Ratschläge habe ich sehr geschätzt. Die unzähligen fachlichen und persönlichen Gespräche haben bei mir immer wieder für den nötigen Aufschwung gesorgt oder aber wieder realistische Ziele aufgezeigt. Ebenso gilt ein großes Dankeschön Dr. phil. Sascha Härtel für die umfassende Unterstützung bei allen Phasen der Erstellung dieser Thesis, sein therapeutisches Interventionsgeschick und die ausgezeichnete Durchführung der sportmedizinischen Leistungsdiagnostik. An dieser Stelle möchte ich mich auch bei allen Kolleginnen und Kollegen der Research Group bedanken, allen voran bei Frau Dr. Dipl.-Psych. Simone Löffler, die mir nicht nur durch ihre ausgezeichnete Expertise bei psychologischen Fragestellungen dieser Thesis,

sondern auch methodisch, statistisch und vor allen Dingen menschlich jederzeit zur Seite stand. Des Weiteren danke ich den Mitarbeitern der movisens GmbH, Dr. Ing. Ulrich Großmann, Dr. Ing. Jörg Ottenbacher, Dr. Ing. Panagiota Anastasopoulou und Dipl. Ing. Jürgen Stumpp, die mir bei allen Phasen der ambulanten Datenerhebung und Datenanalyse hervorragenden technischen Support boten. Ein besonderer Dank gebührt Christian Werner und Carl-Philipp Jansen, die durch ihre engagierte unermüdliche Mitarbeit bei der Erhebung und Primärauswertung von einem Großteil der Daten eine unersetzliche Hilfe waren. Selbstverständlich gilt mein Dank auch allen Personen, die als Studienteilnehmer zum Gelingen der empirischen Untersuchungen beigetragen haben. Ich danke allen Freunden, die mir motivierend und hilfreich zur Seite standen.

Meiner Familie kann ich für die Unterstützung, Kraft und Liebe, die sie mir geben niemals genug danken. Meinem Onkel danke ich für die lebenslange Vermittlung von Handlungskompetenz im Bereich der Fundamentalwissenschaft. Meinem Bruder danke ich für die Bereitstellung seiner Wohnung zum ungestörten Arbeiten, ein unvergleichliches Betreuungsprogramm für meine Kinder und dafür, dass er einfach immer da ist, wenn man ihn braucht und er für absolut jedes Problem eine Lösung hat. Den Omas, die hier unermüdlich liebevoll körperliche und kognitive Höchstleistungen in der „Chaoszentrale“ vollbringen, danke ich von ganzem Herzen und zolle meinen aufrichtigen Respekt. Danke!

Meinem Mann und meinen drei Kindern danke ich dafür, dass durch sie jeder Tag liebens- und lebenswert ist.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	11
1.1	Einführung in die aktuelle Ausgangssituation	11
1.2	Zielsetzung	14
1.3	Aufbau	16
2	Theoretische Grundlagen	18
2.1	Gesundheit und Wohlbefinden	18
2.1.1	Gesundheit	18
2.1.2	Gesundheitsbezogene Lebensqualität	19
2.1.3	Wohlbefinden und Befindlichkeit	21
2.1.4	Die Verankerung von psychischer Gesundheit und Wohlbefinden in dieser Arbeit	28
2.2	Kognition	29
2.2.1	Kognitive Leistungsfähigkeit und exekutive Funk- tionen	29
2.2.2	Arbeitsgedächtnis	33
2.2.3	Daueraufmerksamkeit	37
2.2.4	Die Verankerung der Kognition in dieser Arbeit .	38
2.3	Körperliche Aktivität, Fitness und Ausdauer	39
2.3.1	Körperlich-sportliche Aktivität	39
2.3.2	Körperliche Fitness	41
2.3.3	Kardiorespiratorische und kardiovaskuläre Fitness	44
2.3.4	Ausdauer	47
2.3.5	Die Verankerung von körperlicher Aktivität, Fit- ness und Gesundheit in der vorliegenden Arbeit .	50

2.4	Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf den Organismus	52
2.4.1	Auswirkungen von körperlicher Aktivität – allgemein	52
2.4.2	Physische Auswirkungen von körperlicher Aktivität	55
2.4.3	Neurophysiologische Anpassungserscheinungen . .	57
2.4.4	Psychische Auswirkungen von körperlicher Aktivität	61
2.5	Ambulatory Monitoring	67
3	Literatureview	72
3.1	Herausforderungen des demographischen Wandels	72
3.2	Körperliche Aktivität- der Schlüssel zur Besserung der Kognition?	73
3.3	Aufmerksamkeit als zentraler Aspekt der Kognition . . .	73
3.4	Einfluss aerober körperlicher Aktivität auf die Kognition	75
3.4.1	Sport und körperliche Fitness	76
3.5	Physiologische Faktoren, die den Wirkungen von Sport zugrunde liegen	77
3.5.1	Der Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF) .	77
3.5.2	... und andere Faktoren	79
3.6	Phylogenetische Verankerung	80
3.7	Effekt körperlicher Aktivität auf die Kognition - eine Frage des Alters?	82
3.7.1	Sport und Kognition bei jungen Erwachsenen . .	82
3.7.2	Junge und alte Probanden im Vergleich	85
3.7.3	Körperliche Aktivität und Kognition bei älteren Menschen	87
3.8	Körperliche Aktivität als Therapie?	88
3.9	Einfluss von Dauer und Intensität des Trainings	90
3.10	Fazit	92
3.10.1	Junge Erwachsene	93
3.10.2	Es besteht weiterer Forschungsbedarf	93

4	Eigene Studien	95
4.1	Übersicht	95
4.2	Übersicht Fragestellungen und Hypothesen	101
4.3	Testverfahren	102
4.3.1	Anthropometrische Daten	104
4.3.2	Laktatdiagnostik	105
4.3.3	2 km-Walking-Test	106
4.3.4	Arbeitsgedächtnis-Test	108
4.3.5	Test der Daueraufmerksamkeit	111
4.3.6	MDBF	114
4.3.7	MDBF-PDA	117
4.3.8	ADS	118
4.3.9	SF-36	120
4.3.10	Activity-Monitoring	124
4.4	Statistische Auswertung	125
4.5	Studie 1 – Lauftraining mit Studierenden	128
4.5.1	Hintergrund	128
4.5.2	Methode	128
4.5.3	Fragestellungen und Hypothesen	133
4.5.4	Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit	135
4.5.5	Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit	139
4.5.6	Veränderung des Wohlbefindens	146
4.5.7	Veränderung der physischen Gesundheit	152
4.5.8	Zusammenfassung der Ergebnisse	152
4.5.9	Diskussion	153
4.6	Studie 2 – Aerobictraining mit Studierenden	154
4.6.1	Hintergrund	154
4.6.2	Methode	154
4.6.3	Fragestellungen und Hypothesen	157
4.6.4	Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit	159
4.6.5	Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit	160
4.6.6	Veränderung des Wohlbefindens	169
4.6.7	Veränderung der physischen Gesundheit	175

4.6.8	Zusammenfassung	175
4.6.9	Diskussion	176
4.7	Studie 3 – Lauftraining mit Auszubildenden	177
4.7.1	Hintergrund	177
4.7.2	Methode	177
4.7.3	Fragestellungen und Hypothesen	181
4.7.4	Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit . . .	184
4.7.5	Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit . .	187
4.7.6	Veränderung des Wohlbefindens	195
4.7.7	Veränderung der physischen Gesundheit	214
4.7.8	Veränderung der körperlichen Aktivität	214
4.7.9	Zusammenfassung	218
4.7.10	Diskussion	219
4.8	Overall-Betrachtung; Studien 1-3	219
4.8.1	Hintergrund	219
4.8.2	Stichprobe	220
4.8.3	Fragestellungen und Hypothesen	221
4.8.4	Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit – Arbeitsgedächtnis	222
4.8.5	Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit – Daueraufmerksamkeit	230
4.8.6	Veränderung der Befindlichkeit	237
4.8.7	Zusammenfassung	244
4.8.8	Diskussion	244
5	Schlussfolgerungen	245
5.1	Zusammenfassung und Diskussion	245
5.1.1	Ergebnisse zur Veränderung der Fitness	246
5.1.2	Ergebnisse zur Veränderung des Wohlbefindens . .	247
5.1.3	Ergebnisse zur Veränderung der kognitiven Leis- tungsfähigkeit	250
5.1.4	Sonstige Ergebnisse	253
5.2	Fazit und Ausblick	254

6 Anhang	259
Literaturverzeichnis	261

1 Einleitung

1.1 Einführung in die aktuelle Ausgangssituation

„Der Mensch, der sich nicht bewegt, verletzt sich selbst in seinem tiefen Wesen, verzichtet auf sein Leben [...].“

Diese Aussage von Maria Montessori aus dem Jahr 1950 (Montessori, 1993, S. 141) zeigte schon vor mehr als einem halben Jahrhundert, wie wichtig Bewegung für das menschliche Dasein ist. Obwohl diese Aussage in die Jahre gekommen scheint, hat sie auch heute im Jahr 2014 wahrscheinlich mehr Gültigkeit, als je zuvor. Laut WHO (2008) gelten kardiovaskuläre Erkrankungen mit etwa 13 Millionen Todesfällen pro Jahr als führende Todesursache weltweit. In Deutschland machen diese koronaren und zerebrovaskulären Erkrankungen 42 % der Todesfälle aus (Statistisches Bundesamt, 2010). Die gestiegene Lebenserwartung im Einklang mit dem medizinischen Fortschritt und sinkenden Mortalitätsraten führt dazu, dass viele Menschen über einen längeren Zeitraum mit einer kardiovaskulären Erkrankung leben. So steigt nicht nur die Lebenserwartung der Menschen, sondern auch die Zahl der durchlebten Krankheitsjahre. Herz-Kreislauf-Erkrankungen haben nicht nur für die Patienten¹schwerwiegende Folgen, sondern sind auch für das Gesundheitswesen teuer (Mensah und Brown, 2007). Dabei zeigen viele Studien (Schlicht, 1994; Li und Siegrist, 2012; Sattelmair, Pertman, Ding, Kohl, Haskell und Lee, 2011), dass durch eine Erhöhung der Bewegungsaktivi-

¹Im Text erfolgt die Bezeichnung weiblicher oder männlicher Personen aus Gründen der Lesbarkeit und Übersichtlichkeit jeweils in maskuliner Form. Mit allen verwendeten Personenbezeichnungen sind stets beide Geschlechter gemeint.

tät effektiv zur Krankheitsprävention, insbesondere zur Reduktion des kardiovaskulären Erkrankungsrisikos beigetragen werden kann.

Eine weitere demografische Herausforderung stellen neben den kardiovaskulären Erkrankungen die Demenzen, degenerative Hirnerkrankungen, dar. In Deutschland erkranken jährlich fast 300.000 Menschen neu an Demenzen. Werden keine Medikamente oder Maßnahmen gefunden, welche diese Krankheit verhindern oder aufhalten, kann sich die Zahl der Patienten von heute 1,4 Millionen bis zum Jahr 2050 verdoppeln (Bickel, 2012). Laut Kommunique des G8-Demenz Gipfels stellen Demenzerkrankungen ein Problem dar, welches Menschen auf der gesamten Welt tangiert (Kommunique, 2013). In den letzten Jahren konnte allerdings ferner gezeigt werden, dass körperliche Aktivität präventiv bezüglich Alzheimer und Demenzerkrankungen wirkt (Nelson, 2005). Reimers, Knapp und Tettenborn (2012) zeigen in ihrer Metaanalyse, dass regelmäßige körperliche aerobe Aktivität undifferenzierte Demenzen bei älteren Menschen um etwa 25 % senkt, Demenzen vom Alzheimer-Typ sich um 37 % und leichte kognitive Defizite sich um 46 % reduzieren lassen.

Die aktuelle Problematik in unserer Gesellschaft lässt sich kurz zusammenfassen; Wir haben auf der einen Seite Menschen, die immer älter werden, auf der anderen Seite schon junge Menschen, deren kardiovaskuläre Fitness in vielen Ländern zurückgeht (dpa, 2013). Die Industrialisierung geht nicht nur mit medizinischem Fortschritt, sondern auch einem zunehmend inaktiven Lebensstil einher.

Diese inaktive Lebensweise hat weitreichende Auswirkungen auf unsere Gesundheit. So belegen internationale Studien nicht nur eine Zunahme der Prävalenz des Metabolischen Syndroms, sondern auch, dass sich das Krankheitsbild zunehmend schon in jüngeren Jahren manifestiert (Schipf, Alte, Völzke, Friedrich, Haring, Lohmann, Rathmann, Nauck, Felix, Hoffmann, John und Wallaschofski, 2010). Doch nicht nur die physische, sondern auch die psychische Gesundheit profitiert von einem aktiven Lebensstil; in Studien konnte nachgewiesen werden, dass körperliche Aktivität sowohl das Wohlbefinden verbessern als auch psychische Erkrankungen wie Depressionen verringern kann (Blumenthal, Babyak,

Doraiswamy, Watkins, Hoffman, Barbour, Herman, Craighead, Brosse, Waugh, Hinderliter & Sherwood, 2007; Brosse, Sheets, Lett & Blumenthal, 2002; Neumann & Frasch, 2005). An dritter Stelle muss neben den positiven Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf die Physis und Psyche der Nutzen einer gesteigerten körperlichen Aktivität für die kognitive Leistungsfähigkeit berücksichtigt werden. Obwohl die Ergebnisse von Studien hier z. T. nicht kongruent sind (Etnier, Salazar, Landers, Petruzzello, Han & Nowell, 1997; Tomporowski, 2003), können immer mehr Studien einen positiven Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und kognitiver Leistungsfähigkeit feststellen (Colcombe, Erickson, Scalf, Kim, Prakash, McAuley, Elavsky, Marquez, Hu, & Kramer, 2006; Etnier et al., 1997; Tomporowski, 2003; Yaffe, Barnes, Nevitt, Lui & Covinsky, 2001). Allerdings belegen die meisten dieser Studien diesen positiven Zusammenhang bei älteren Menschen (Colcombe et al., 2006; Yaffe et al., 2001) und bei Kindern. Bei Schulkindern kann gezeigt werden, dass eine gesteigerte körperliche Fitness mit einer besseren Leistungsfähigkeit in der Schule einhergeht (Hillman, Erickson & Kramer, 2008). Der Einfluss von körperlicher Aktivität auf Jugendliche und junge Erwachsene wurde hingegen nur unzureichend untersucht. Doch insbesondere junge Erwachsene sollten ihre körperliche Fitness pflegen, um den Grundstein für ein gesundes Leben im Alter zu legen. So konnten Friedland, Fritsch, Smyth, Koss, Lerner, Chen, Petot und Debanne (2001) belegen, dass Sporttreiben in der Jugend das Risiko von Alzheimer im Alter senkt. Selbst Sporttreiben im Alter kann noch das Nachlassen der Denkfähigkeit besonders bei Demenz aufschieben (Abbott, White, Ross, Masaki, Curb & Petrovitch, 2004; Larson, Wang, Bowen, McCormick, Teri, Crane & Kukull, 2006; Laurin, Verreault, Lindsay, MacPherson & Rockwood, 2001). Dem Sporttreiben muss in jedem Lebensabschnitt enorme Relevanz zugeschrieben werden. Diese Arbeit soll einen Teil dazu beitragen, den positiven Nutzen einer gesteigerten körperlichen Aktivität für Menschen im jungen Erwachsenenalter aufzuzeigen. Gerade junge Erwachsene sind physisch am leistungsfähigsten, sie sind (in der Regel) frei von körperlichen Gebrechen und sehen keinen Sinn, warum

sie nun körperlich aktiv werden sollen. Speziell an dieser Stelle soll die vorliegende Thesis ansetzen. Sie untersucht junge Erwachsene, welche einen inaktiven Lebensstil haben, jedoch körperlich gesund sind und aufgrund ihres biografischen Alters scheinbar das körperliche und geistige Funktionsmaximum erreicht haben. Können diese Menschen durch eine Steigerung ihrer Ausdauerleistungsfähigkeit trotzdem Kapital für ihre Gesundheit heraussschlagen?

1.2 Zielsetzung

Die Menschen in nahezu allen EU-Ländern können sich laut den neuesten Zahlen des Statistischen Amtes der Europäischen Union (Eurostat) über eine steigende Lebenserwartung freuen. Allerdings bedeutet das nicht, dass mit der steigenden Lebenserwartung auch die Anzahl der gesunden Lebensjahre²steigt (Europäische Union, 2013). Eher das Gegenteil ist der Fall. Die zunehmende Industrialisierung unserer Gesellschaft geht mit einer Abnahme der körperlichen Aktivität einher. Hier setzt die vorliegende Thesis an, sie möchte schon im jungen Erwachsenenalter einem inaktiven Lebensstil entgegenwirken und den Nutzen, welchen ein Ausdauertraining erwiesenermaßen bei alten Menschen für die physische und psychische Gesundheit hervorruft, für die Zielgruppe der jungen Erwachsenen untersuchen.

In diesem Rahmen soll die Auswirkung einer gesteigerten Ausdauerleistungsfähigkeit bei jungen Erwachsenen untersucht werden. Welche Auswirkungen hat eine gesteigerte Ausdauerleistungsfähigkeit auf die physische, psychische und soziale Gesundheit? Ein Fokus ruht auf der Untersuchung der Auswirkungen auf die kognitive Leistungsfähigkeit, welche der psychischen Gesundheit zugeordnet wird. Eine ausführliche Aufarbeitung der Literatur und die Erstellung eines systematischen Reviews sollen Aufschluss über eine gesteigerte Fitness und die Auswirkungen auf die kognitive Leistungsfähigkeit im jungen Erwachsenenalter

²gesunde Lebensjahre ist die Anzahl der Lebensjahre, welche die Menschen von ihrer Geburt bis zu ihrem Tod gesund waren.

erbringen.

Von großer Relevanz ist auch der Nutzen einer gesteigerten körperlichen Fitness auf die psychische Gesundheit und das Wohlbefinden. Bezugnehmend auf die Aussage der WHO „Add life to years and not just years to life“ (WHO, zitiert nach Höner und Demetriou, 2012), soll demonstriert werden, dass es sich schon im jungen Erwachsenenalter lohnt, für die eigene Gesundheit und das persönliche Wohlbefinden aktiv zu werden. Abbildung 1.1 aggregiert die Untersuchungsziele der Thesis .

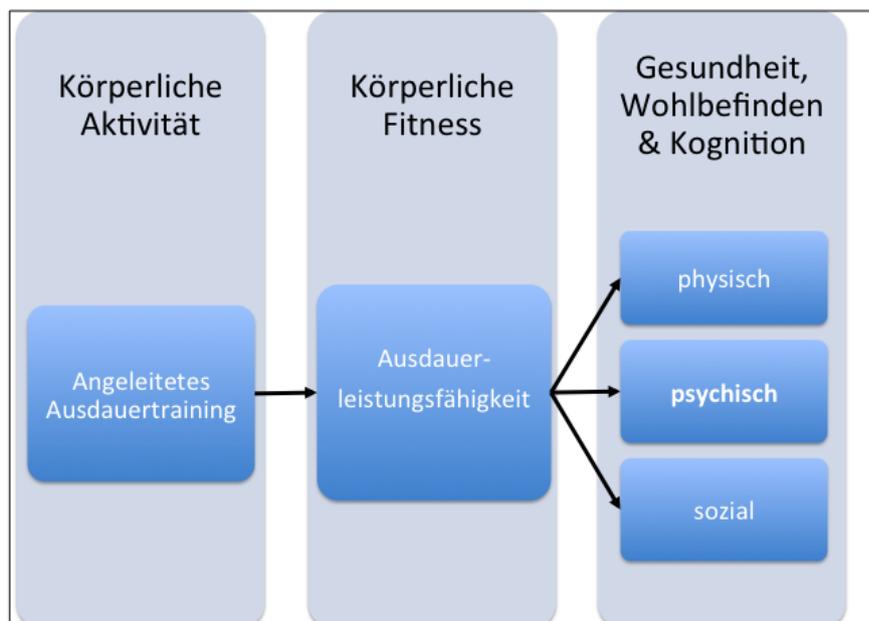


Abbildung 1.1: Untersuchungsziele der Arbeit

Aus der Abbildung 1.1 werden die in einen Prozess eingebetteten Untersuchungsziele erkennbar; die zentrale Säule bildet die körperliche Fitness. Die körperliche Fitness soll durch eine gezielte Steigerung der körperlichen Aktivität (in der vorliegenden Arbeit durch angeleitetes Ausdauertraining) verbessert werden. Die dritte Säule enthält das „Endprodukt“ (Gesundheit, Wohlbefinden und Kognition) dieses Prozesses. Es soll eruiert werden, wie sich eine induzierte Steigerung der körperlichen Akti-

vität auf die körperliche Fitness auswirkt und welchen Einfluss diese (sowohl, physisch, psychisch und sozial) auf Gesundheit, Wohlbefinden und Kognition hat. Im Fokus steht dabei die Untersuchung psychischer Parameter. Auf die detaillierten Untersuchungsmethoden wird im Kapitel 4.1 und 4.3 ausführlich eingegangen.

1.3 Aufbau

In Kapitel 1 – „Einleitung“ wird die aktuelle Problematik dargestellt, der Forschungsgegenstand herausgearbeitet und es erfolgt eine Ableitung der Untersuchungsziele. Darauf aufbauend wird die Methodik der vorliegenden Thesis kurz erläutert. Abgeschlossen wird die Einleitung mit einer strukturierten Gliederung zum Aufbau dieser Thesis.

Anschließend erfolgt im Kapitel 2 - „Theoretische Grundlagen“ eine Aufarbeitung der notwendigen Grundlagen. Die für diese Thesis fundamentalen Begriffe „Gesundheit, Wohlbefinden und Kognition“, „körperliche Aktivität“, „körperliche Fitness“ und „Ausdauer“ werden erklärt. Im Anschluss an die jeweilige Definition wird die Verankerung dieser Begrifflichkeiten in dem hier relevanten Kontext dargestellt. Der Abschluss des Kapitels 2 - „Theoretische Grundlagen“ beschreibt die Auswirkungen von Ausdauertraining auf die einzelnen Bereiche des Körpers.

Kapitel 3 - „Literaturreview zu körperlicher Aktivität und kognitiven Funktionen“ Kapitel 4 - „Eigene Studien“ stellen das Herzstück dieser Thesis dar.

In Kapitel 3 - „Literaturreview zu körperlicher Aktivität und kognitiven Funktionen“ wird in einem Literaturreview der aktuelle Forschungsstand umfassend aufgearbeitet, der Schwerpunkt liegt hier bei der Auswahl von aktuellen Studien, die sich mit den Auswirkungen von körperlicher Aktivität bei jungen Erwachsenen beschäftigen.

Nach dieser theoretischen Aufarbeitung der Literatur erfolgt eine Überleitung in den praktischen Teil der vorliegenden Thesis in Kapitel 4 - „Eigene Studien“. In diesem Kapitel werden drei Interventionsstudien vorgestellt und abschließend deren Ergebnisse diskutiert. Die Studien wer-

den zunächst jede für sich getrennt betrachtet und abschließend werden im Kapitel 4 - „Overall-Betrachtung; Studien 1-3“, insofern möglich, die Ergebnisse der einzelnen Studien zu einer Overall-Betrachtung zusammengefasst.

Abschließend wird die vorliegende Thesis in Kapitel 5 - „Schlussfolgerungen“ mit einer Zusammenfassung und Diskussion der wesentlichen Ergebnissen und einem Fazit und Ausblick für weitere Forschungen abgerundet.

2 Theoretische Grundlagen

Das nun folgende Kapitel betrachtet die theoretischen Grundlagen der später beschriebenen Interventionsstudien.

2.1 Gesundheit und Wohlbefinden

2.1.1 Gesundheit

„Gesundheit ist ein Zustand völligen psychischen, physischen und sozialen Wohlbefindens und nicht nur das Freisein von Krankheit und Gebrechen. Sich des bestmöglichen Gesundheitszustandes zu erfreuen ist ein Grundrecht jedes Menschen, ohne Unterschied der Rasse, der Religion, der politischen Überzeugung, der wirtschaftlichen oder sozialen Stellung“ (Bundesministerium für Gesundheit, 2014). Mit dieser Definition von 1948 in der Konstitution der Weltgesundheitsorganisation (WHO) wurde erstmals der Begriff Gesundheit nicht mehr ausschließlich aus rein biomedizinischer Sichtweise (als Abwesenheit von Krankheit) betrachtet, sondern erstmals ganzheitlich. Dieses „Grundrecht jedes Menschen“ ist dabei kein Zustand welcher einmal erreicht und damit für immer unveränderlich bleibt, sondern ist als „Balance“ (Woll, 1996) anzusehen, die es lebenslang und jeden Tag auf's Neue wieder herzustellen gilt. Woll (1996) propagiert insofern ein integratives Gesundheitsverständnis und definiert Gesundheit folgendermaßen: „Gesundheit das Ergebnis eines dynamischen Gleichgewichts (Balance) zwischen dem Individuum mit seinen Ressourcen und den Anforderungen seiner sozio-ökologischen Umwelt. Gesundheit wird als prozesshaftes Geschehen aufgefasst, das sich im aktuellen Bezug herausbildet. Gesundheit und Krankheit sind

als Extrempole eines mehrdimensionalen Kontinuums (physisch, psychisch und sozial) zu sehen, auf dem sich eine Person jeweils lokalisieren lässt.“ (Woll, 2002).

In dieser Definition wird deutlich, dass Gesundheit weit mehr ist, als nur eine medizinische Diagnose. Das Verständnis von Gesundheit beinhaltet personeninterne Wahrnehmungen und Befindlichkeiten, die sich in der Regel besser subjektiv als objektiv erfassen lassen. An dieser Stelle tritt das Konstrukt der gesundheitsbezogenen Lebensqualität in den Vordergrund, welches sehr häufig synonym mit Gesundheit verwendet wird.

2.1.2 Gesundheitsbezogene Lebensqualität

Der Begriff „Quality of Life“ (QOL) ist viel mehr ein subjektiver als ein objektiver Parameter. Dazu zählt als entscheidender Parameter zur subjektiven Wahrnehmung der eigenen Lebensqualität die Beurteilung der eigenen Gesundheit. Hierbei wird Gesundheit, wie zuvor (siehe Kapitel 2.1.1) schon beschrieben, nicht medizinisch als Abwesenheit von Krankheit, „[...] sondern positiv mehrdimensional 'als Zustand des vollkommenen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens' (WHO, 1946) begriffen[.]“ (Höner & Demetriou, 2012, S. 34).

Infolgedessen ist hier von gesundheitsbezogener Lebensqualität (Health Related Quality of Life = HRQOL) die Rede. Die Bedeutung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (auch als subjektiv wahrgenommene Gesundheit bezeichnet) ist ein wesentliches Beschreibungskriterium des Gesundheitszustands. Im Gegensatz zu den klassischen medizinischen Kriterien zur Beurteilung des Gesundheitszustands einer Person beinhaltet dieses Konzept die für viele Aspekte maßgebliche Sichtweise der Betroffenen hinsichtlich ihrer körperlichen Funktionsfähigkeit und ihres psychischen Wohlergehens (Bullinger, 2000; Bullinger, 2002; Radoschewski, 2000). Die gesundheitsbezogene Lebensqualität bezeichnet allgemein ein mehrdimensionales Konstrukt, das körperliche, emotionale, mentale, soziale und verhaltensbezogene Komponenten des Wohlbe-

findens und der Funktionsfähigkeit aus subjektiver Sicht des Individuums erfasst. Gesundheitsbezogene Lebensqualität beschreibt somit den subjektiv wahrgenommenen Gesundheitszustand bzw. die „erlebte Gesundheit“ (Schumacher, Klaiberg & Brähler, 2003).

Das Konzept der gesundheitsbezogenen Lebensqualität wurde zunächst lediglich im Bereich der medizinischen Forschung eingesetzt, um Aussagen über den Erfolg von Behandlungsmaßnahmen treffen zu können. Sie diene dabei als Evaluationsparameter, welcher zur Bewertung von Behandlungsmaßnahmen zum Einsatz kam (Bullinger & Kirchberger, 1998). Inzwischen wird gesundheitsbezogene Lebensqualität ebenfalls in Untersuchungen bezüglich körperlich-sportlicher Aktivität miteinbezogen. Biddle (2000) begründet diese Entwicklung u. a. mit dem hohen Stellenwert der eigenen Gesundheitswahrnehmung von Patienten und mit der motivierenden Wirkung von körperlich-sportlicher Aktivität hinsichtlich einer langanhaltenden Teilnahme an gesundheitsförderlichen Programmen. Hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen gesundheitsbezogener Lebensqualität und körperlich-sportlicher Aktivität konnten Stewart, Hays, Wells, Rogers, Spritzer und Greenfield (1994) nachweisen, dass Personen, welche einen aktiven Lebensstil pflegen, sich als funktionstüchtiger einstufen als Personen, die kaum körperlich aktiv sind. In einer kontrollierten Interventionsstudie stellten Lavie und Milani (1995) fest, dass klinische Probanden, welche innerhalb einer Rehabilitationssportgruppe für Herzpatienten über zwölf Wochen aktiv waren – verglichen mit der Erhebung vor der Intervention – eine deutliche Verbesserung ihrer Lebensqualität nach der Intervention angaben (Lavie & Milani, 1995). Die gesundheitsbezogene Lebensqualität kann anhand differenter Instrumente erfasst werden. Das Nottingham Health Profile und der EuroQol sowie der Short Form 36 Health Survey Questionnaire (SF-36) sind die am häufigsten verwendeten Untersuchungsverfahren. In der vorliegenden Arbeit wurde in Studie 3 der SF-36 Health Survey verwendet, dessen nähere Beschreibung in Kapitel 4.3 erfolgt.

Eine der acht Dimensionen, welche der SF-36 erfasst, ist das psychische Wohlbefinden. Die Begriffe Wohlbefinden und Befindlichkeit werden im

Folgenden genauer definiert.

2.1.3 Wohlbefinden und Befindlichkeit

Wohlbefinden kann als ein sich immerzu verändernder Prozess zwischen der Person und der Umwelt verstanden werden. Es drückt eine positive Grundbefindlichkeit aus. Jeder Mensch wird von verschiedenen Faktoren in differenter Weise beeinflusst. So entsteht das Wohlbefinden nicht nur aus körperlicher Gesundheit, sondern auch aus sozialen und kulturellen Umwelteinflüssen, welche auf das Befinden einwirken. Viele Arbeiten sind mit einer Begriffsdefinition von Wohlbefinden vorsichtig, da das Konstrukt des Wohlbefindens äußerst komplex ist. Hier sollen trotz dieser Komplexität einige Ansätze beispielhaft vorgestellt werden. Perrig-Chiello (1997, S. 119) definiert Wohlbefinden folgendermaßen:

Das allgemeine Wohlbefinden umfasst „[...] psychische, physische und soziale Anteile, die je nach Lebensentwicklungskontext unterschiedlich gewichtet werden können. [...] Allgemeines Wohlbefinden strebt üblicherweise einen habituellen Gleichgewichtszustand an, der je nach Kontext vorübergehend gestört werden kann; das aktuelle Wohlbefinden definiert sich neben aktuellen Einflussgrößen – aus Vergleichen zu Früherem (Vergangenheit) und Erwartungen hinsichtlich dem Zukünftigen. [...] Allgemeines Wohlbefinden ist Resultat eines komplexen Ursachennetzes bzw. einer komplexen Ressourcennutzung.“

Die Weltgesundheitsorganisation (2010) definiert psychische Gesundheit und Wohlbefinden folgendermaßen:

„Mental health is a state of well-being in which an individual realizes his or her own abilities, can cope with the normal stresses of life, can work productively and is able to make a contribution to his or her community. In this positive sense, mental health is the foundation for individual well-being and the effective functioning of a community.“ Wichtig dabei ist, dass psychische Gesundheit (wie auch zuvor die Gesundheit) nicht allein durch die Abwesenheit psychischer Störungen beschrieben wird, sondern vielmehr durch das Vorhandensein von Ressourcen und Protektoren für

die Realisierung der Bedürfnisse. Somit ist die psychische Gesundheit nicht mehr das Fehlen von etwas, sondern wird mit etwas Positivem assoziiert. Sie wird mit dem Wohlbefinden subjektiv verankert, erlangt durch die dreifache Beschreibung von körperlichem, seelischem und sozialem Wohlbefinden Mehrdimensionalität und löst sich damit von einer einseitigen Bindung. In dieser mehrdimensionalen Perspektive erlangt sportliche Aktivität mehr als nur die körperliche Schutzfunktion durch ein regelmäßiges Training – sie fördert ebenfalls die psychische Gesundheit und das psychische Wohlbefinden. In Anlehnung an die WHO gehen Brehm und Abele (1992) davon aus, dass das globale (Wohl-)Befinden über das physische, das psychische und das soziale Befinden beeinflusst wird, und beschreiben diesbezüglich konkrete Wirkungsmöglichkeiten von körperlich-sportlicher Aktivität.

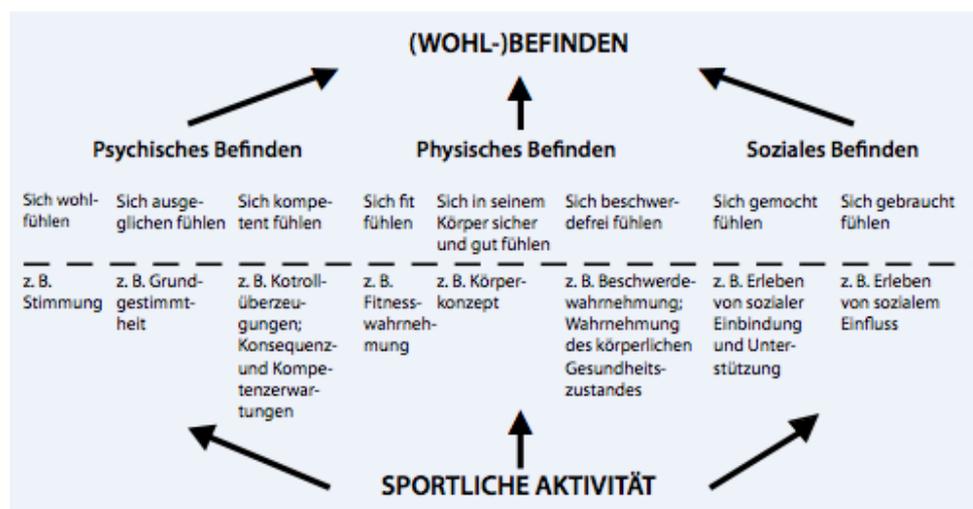


Abbildung 2.1: Konzeptualisierung des Zusammenhangs von sportlicher Aktivität und Wohlbefinden von Brehm und Abele (1992) nach Strobl, Brehm und Tittlbach (2010, S. 297).

Abele, Brehm und Gall (1991) unterscheiden im Hinblick auf potenzielle Wirkungsmöglichkeiten von körperlich-sportlicher Aktivität neben den bereits beschriebenen psychischen und physischen Befindensbereichen zusätzlich das soziale Wohlbefinden, welches immer dann angesprochen wird, wenn körperlich-sportliche Aktivität soziale Interaktion beinhaltet (Abele et al, 1991). Diese dritte Dimension eines umfassenden

Wohlbefindens wird häufig bei der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen körperlich-sportlicher Aktivität und Wohlbefinden vernachlässigt (Abele et al., 1991). Abele et al. (1991) verweisen hier insbesondere auf die Wichtigkeit der beiden Elemente „Erleben sozialer Einbindung und Unterstützung“ sowie „Erleben von sozialem Einfluss“ im Kontext körperlich-sportlicher Aktivität, die entscheidend zu einem umfassenden Zustand des Wohlbefindens beitragen können. Das Wohlbefinden, welches durch sportliche Betätigung hervorgerufen wird, korreliert in erheblichem Maße mit den positiven Erfahrungen des Wohlbefindens und der Befindensregulation beim Sporttreiben (Abele et al., 1991).

In der Literatur werden die Begriffe „Befindlichkeit“ und „Wohlbefinden“ häufig synonym verwendet. Wohlbefinden wird dabei jedoch anders als im umgangssprachlichen Gebrauch neutral gebraucht (Schlicht & Brand, 2007). Obwohl das Interesse der psychologischen Forschung am Konstrukt der »Befindlichkeit« in den letzten 30 Jahren sowohl im angloamerikanischen als auch im deutschsprachigen Raum signifikant gestiegen ist und mittlerweile ein vielbeachtetes sowie oft untersuchtes Phänomen darstellt, besteht bislang keine konsensfähige Definition und Klassifizierung dieses psychischen Konstrukts (Diener, Sue, Lucas & Smith, 1999; Gomer, 1994; Metzenthin & Tischhauser, 1996). Insbesondere die Abgrenzung zu einer Reihe von anderen, eng verwandten psychischen Konstrukten, wie Emotionen, Stimmungen und Gefühlen, erweist sich oftmals als schwierig und erfolgt häufig lediglich unzureichend (Ekkekakis & Petruzzello, 2000). In der psychologischen Forschung wird der Begriff des Wohlbefindens für Bewertungen verwendet, die Menschen vornehmen, um über ihr Leben zu urteilen (Schlicht & Brand, 2007). Es kennzeichnet somit das „ins Bewusstsein gerückte innere Erleben und Empfinden eines Individuums, [...] hat oft beobachtbares Verhalten zur Folge und kann sich u. U. auch im Ausdruck niederschlagen und eine Handlung in Gang setzen“ (Steyer, Schwenkmezger, Notz & Eid, 1997, S. 4). Obwohl Befindlichkeit als Oberbegriff für das momentane, subjektive Erleben einer Person zu verstehen ist, dem sich Gefühle, Stimmungen und körperliche Empfindungen sowie das Fehlen von Be-

schwerden unterordnen (Becker, 1991), wird sie häufig mit Emotionen und Stimmungen gleichgesetzt. Beispielsweise bezeichnet Gabler (2000, S. 227) Emotionen als „subjektive Befindlichkeiten (Prozesse und Zustände), die mit Bewertungen der eigenen Situation und physiologischen Erregungs- und Aktivierungsprozessen sowie Verhaltensimpulsen verbunden sind“. Abele und Brehm (1986, S. 209) verwenden den Begriff „Stimmung“ synonym mit „Befindlichkeit“ und verweisen darauf, dass beides im Englischen als „mood“ bezeichnet wird. Auch nach Steyer et al. (1997) kann Befindlichkeit umgangssprachlich als „Stimmungslage“ bezeichnet werden. Ewert (1983, S. 399) hingegen verbindet die unterschiedlichen psychischen Konstrukte – Befindlichkeit, Stimmung und Emotionen – dadurch, indem er Stimmungen als „Gefühlserlebnisse von diffusem Charakter [beschreibt], in denen sich die Gesamtbefindlichkeit eines Menschen ausdrückt.“ Bei den Abgrenzungen zwischen Stimmung und Emotionen existiert innerhalb der Diskussion um die Strukturierung und Begriffsbestimmung von Befindlichkeit ebenfalls noch kein eindeutiger Konsens (Ziemainz & Peters, 2010). Während Brehm (2006, S. 321-322) und Brehm, Janke, Sygusch & Wagner (2006, S. 25) eine eindeutige Unterscheidung zwischen den beiden Begriffen vermissen lassen und Stimmung lediglich als eine Subkategorie von „kleinen und ungerichteten Emotionen“ deuten, die „alltägliche Gefühle wie gute Laune, Ruhe, Aktiviertheit, Erregtheit, Deprimiertheit oder auch Ärger“ inkludiert, differenzieren Becker (1991), Ekkekakis und Petruzzello (2000), Gomer (1994) sowie Pfeffer und Alfermann (2006) die beiden Konstrukte deutlich voneinander. Gomer (1994, S. 29) befürwortet v. a. im Hinblick auf die empirische Bestimmung eine differenzierte Kategorisierung, „da ‘Stimmungen‘ eine [...] eigenständig zu betrachtende Einflussgröße darstellen und als solche empirische Relevanz besitzen“. Emotionen, wie z. B. Wut, Scham, Trauer, Liebe oder auch Stolz, stehen im Vordergrund des Erlebens, sind objektbezogen, d. h. sie beziehen sich in der Regel auf bestimmte Personen, Situationen oder Erlebnisse, und sind von hoher Intensität. Stimmungen als eine Ausprägungsform des Befindens fehlt diese Zielgerichtetheit (Intentionalität), d. h., sie richten

sich nicht auf spezifische, kognitiv repräsentierte Objekte oder Situationen und sind nicht an erlebnismäßig präsen- te Ursachen gebunden. Sie werden darüber hinaus als länger andauernd beschrieben, weniger intensiv und als Zustandsvariable gesehen, die sehr kurzfristig durch äußere und innere Faktoren beeinflussbar sind (vgl. Abele & Brehm, 1986; Becker, 1991; Ekkekakis & Petruzzello, 2000; Ewert, 1983; Pfeffer & Alfermann, 2006). Eine entsprechende Unterscheidung von Stimmung und Emotionen findet sich zudem in der von Lischetzke und Eid (2006) vorgenommenen Begriffsbestimmung und Strukturierung von Befindlichkeit. Demnach beinhaltet Wohlbefinden sowohl eine kognitive Komponente, welche sich auf die Lebenszufriedenheit bezieht wie affektive Reaktionen auf Lebensereignisse, die Stimmung und Emotionen inkludieren. Je nach Situation bestimmen somit emotionale sowie kognitive Prozesse die Befindlichkeit (Gomer, 1994). Häufig wird hier auch der Begriff des „subjektiven Wohlbefindens“ verwendet, da die Befindlichkeit lediglich aus der subjektiven Position des Individuums zu bestimmen ist (Mayring, 1991; Schlicht, 1994; Schlicht & Brand, 2007). Aufgrund der häufig mangelnden Differenzierung von anderen psychischen Konstrukten und „der vielen unterschiedlichen Auffassungen des Begriffs Wohlbefinden, ist es nicht verwunderlich, dass keine einheitliche Definition für dieses Phänomen in der Literatur zu finden ist“ (Neß, 2003, S. 19). Becker (1991) schlägt zur Überwindung dieser Schwierigkeiten zunächst eine Unterscheidung hinsichtlich eines zeitlichen Aspekts vor.

Becker (1991) unterscheidet in seinem Strukturmodell des Wohlbefindens (siehe Abbildung 2.2) auf einer ersten Ebene aktuelles und habituelles Wohlbefinden voneinander. Die augenblickliche Befindlichkeit wird durch das aktuelle Wohlbefinden charakterisiert und umfasst das momentane Erleben einer Person, die Gefühle, die Stimmungen, körperlichen Empfindungen und das Fehlen von Beschwerden. Wohlbefinden – als relativ stabile, überdauernde und typische Eigenschaft einer Person – wird durch die habituelle Befindlichkeit beschrieben. Im Gegensatz zum aktuellen Wohlbefinden handelt es sich hier um Urteile über aggregierte emotionale Erfahrungen, welche primär durch kognitive Prozesse zustan-

dekommen (vgl. Becker, 1991). Lischetzke und Eid (2006,) bezeichnen dies als Lebenszufriedenheit.

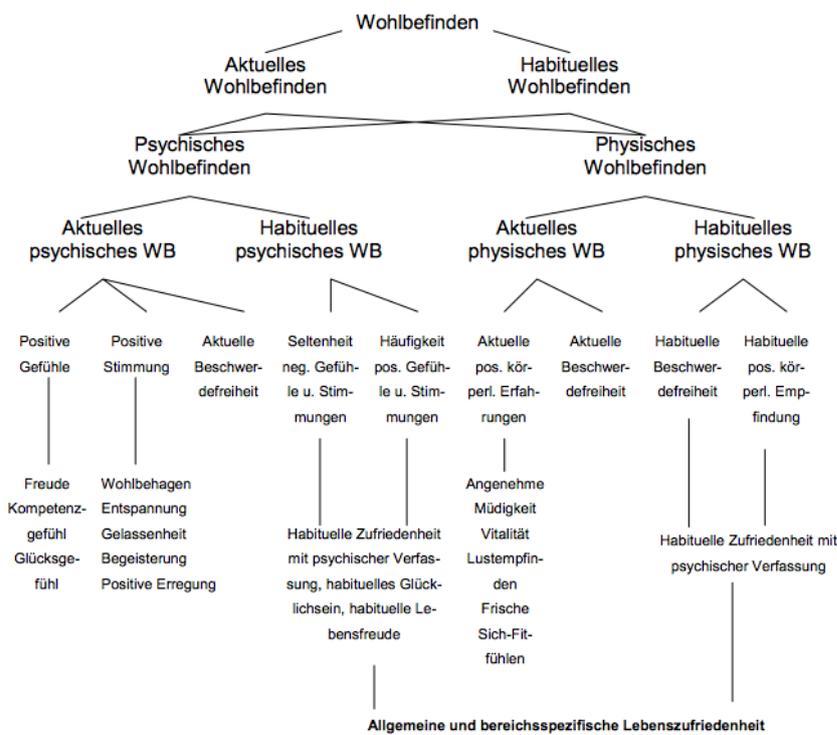


Abbildung 2.2: Strukturmodell des Wohlbefindens (Becker, 1991, S. 14)

Während hinsichtlich dieses zeitlichen Aspekts von Befindlichkeit nach Becker (1991, S. 14) weitgehender Konsens in der psychologischen Forschung besteht, wird die weitere Strukturierung bzw. Dimensionierung kontrovers diskutiert. Einigkeit herrscht zwar mittlerweile über den mehrdimensionalen Charakter des Konstrukts „Befindlichkeit“, dennoch existieren immer noch divergente Auffassungen bezüglich der verschiedenen Dimensionen, Komponenten und deren Operationalisierung (Abele & Brehm, 1986; Abele et al., 1991; Becker, 1991; Grupe, 1982; Lischetzke & Eid, 2006; Schlicht, 2007; Steyer et al., 1997). Auf einer unteren Ebene des Strukturmodells des Wohlbefindens (siehe Abbildung 2.2) nach Becker (1991) erfolgt eine zweidimensionale, aspektivische Unterscheidung zwischen körperlicher und psychischer Befindlichkeit. Physiologisches Wohlbefinden als subjektives Phänomen beschreibt ausschließlich

das Verhältnis des Menschen zu seinem Körper und ist gekennzeichnet durch dessen völlig reibungsloses Funktionieren (Frank, 1991). Eine Person fühlt sich körperlich wohl, wenn sie keine Krankheitssymptome verspürt, frei von körperlichen Beschwerden ist sowie positive Körpersensationen wahrnimmt (Schlicht, 1994). Frank (1991) unternimmt in seiner Untersuchung den Versuch, diesen Zustand des körperlichen Wohlbefindens zu strukturieren und extrahiert aus laientheoretischen Annahmen folgende sieben Faktoren:

1. Zufriedenheit mit dem Zustand des eigenen Körpers
2. Gefühle von „Ruhe“ und „Muße“
3. Vitalität und Lebensfreude
4. Abnehmende Spannung und Müdigkeit
5. Genussfreude und Lustempfinden
6. Konzentrations- und Reaktionsfähigkeit
7. Frische und angenehmes Körperempfinden

Auch Grupe (1982) ist der Auffassung, dass Befinden zudem stets mit dem Verhältnis zum Körper zu tun hat. Einerseits ist der Körper nicht nur ein Faktor, welcher die Befindlichkeit direkt in Abhängigkeit seiner jeweiligen Verfassung positiv oder negativ beeinflussen kann, sondern andererseits stellt er selbst auch eine Art Gradmesser für das Befinden dar, indem er es gleichsam anzeigt. Der Zustand des Wohlbefindens kann dabei so weit reichen, dass der Körper nahezu gänzlich in Vergessenheit gerät (Grupe, 2000).

In der vorliegenden Thesis wird der Fragebogen zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität (SF-36), die Allgemeine Depressionsskala (ADS) und der Mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen (MDBF) zur Erfassung des Wohlbefindens eingesetzt. Für die genaue Beschreibung der Testverfahren und deren Verwendung in dieser Arbeit siehe Kapitel 4.1 und Kapitel 4.3 .

2.1.4 Die Verankerung von psychischer Gesundheit und Wohlbefinden in dieser Arbeit

Psychische Gesundheit lässt sich durch das Konstrukt der gesundheitsbezogenen Lebensqualität erfassen. Es wird unterschieden in momentanes (aktuelles) und langfristiges (habituelles) Wohlbefinden. Die Messinstrumente ADS, MDBF, MDBF-PDA und SF-36 (welche in Kapitel 4.3 ausführlich beschrieben werden), sollen in den hier diskutierten Studien als Messmethode zur Erfassung der psychischen Gesundheit und des Wohlbefindens eingesetzt werden.

Tabelle 2.1: Die Einordnung und Erfassung von Gesundheit und Wohlbefinden in dieser Arbeit



2.2 Kognition

2.2.1 Kognitive Leistungsfähigkeit und exekutive Funktionen

Der Begriff Kognition stammt von dem lateinischen Wort 'cognitio' ab, was 'Untersuchung, Erkenntnis, Bekanntsein' bedeutet und alle Formen des Erkennens und Wissens bezeichnet. Kognition umfasst z. B. das Wahrnehmen, die Mustererkennung, die Aufmerksamkeit, das Erinnern, das bildhafte Vorstellen, intelligentes Handeln, Denken und Problemlösen und das Sprechen und Sprachverstehen. Gerrig und Zimbardo (2002, S. 253) definieren „Cognition“ als „Processes of knowing, including attending, remembering, and reasoning; also the content of the processes, such as concepts and memories.“

In der deutschen Literatur wird Kognition bspw. von Gabler, Nitsch, Singer & Munzert (2000, S. 166) definiert als „Sammelbegriff für alle Prozesse des Wahrnehmens, Denkens, des Erkennens, des Sich-Vorstellens, des Sich-Erinnerns und des Sprechens“. In der vorliegenden Thesis wird der Begriff „kognitive Leistungsfähigkeit“ folgendermaßen allgemein definiert:

Mit „Kognitiver Leistungsfähigkeit“ wird das Vorhandensein der notwendigen Voraussetzungen beschrieben, um „[...] Informationen aus der Umwelt zu selektieren, zu verarbeiten, zu speichern und für das Zustandekommen von Verhalten einzusetzen“ (Mulder, 2007, S. 97).

Dabei wird die Aufmerksamkeit auf relevante Reize und Informationen gelenkt, welche anhand von persönlichen Erfahrungen bewertet und mit internen Zustandswerten von Motivation und Emotion verglichen werden, um daraus geeignete Verhaltensantworten bzw. motorische Handlungen zu generieren (Pape, 2005). Unter dem Begriff „kognitive Funktionen“ werden die zugrundeliegenden Hirnfunktionen dieser Prozesse zusammengefasst, die nach Pape (2005, S. 802) das „Ich“-Konzept jedes Menschen begründen. Diese kognitiven Funktionen können im Gehirn in bestimmten Arealen lokalisiert werden, wobei eine spezifische Funktion

nicht ausschließlich auf eine eng abgrenzbare Hirnregion zurückzuführen ist. Das Zustandekommen kognitiver Leistungen erfordert vielmehr ein komplexes Zusammenspiel verschiedenster Gehirnareale (Kupfermann, 1996; Trepel, 1999).

Die Abbildung 2.3 von Gerrig & Zimbardo (2002, S. 254) zeigt, dass die Kognition höhere geistige Prozesse beinhaltet, wobei ein elementarer Baustein davon die Intelligenz ist.

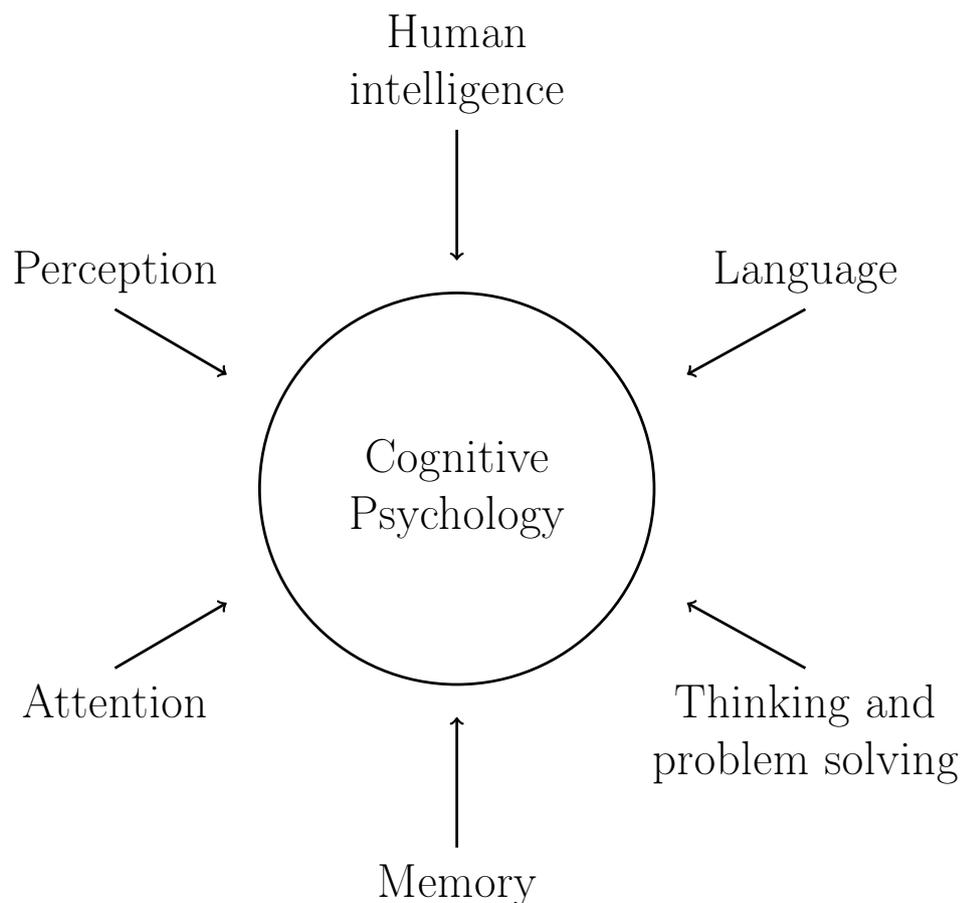


Abbildung 2.3: Domänen der Kognition – modifiziert nach Gerrig & Zimbardo, 2002, S. 254)

Nach Kubesch (2008) sind die exekutiven Funktionen ein Bestandteil der allgemeinen Intelligenz. Exekutive Funktionen werden ebenfalls als kognitive Kontrollprozesse bezeichnet, die v. a. in komplexen Situationen, wenn automatisierte Vorgänge zur Aufgabenbewältigung nicht ausrei-

chen, für die Bewältigung differenter kognitiver Prozesse notwendig sind (Kubesch, 2008). Die Steuerung und Kontrolle kognitiver Prozesse erfolgen über dieses sogenannte „exekutive System“ (Hillman et al., 2008; Hommel, 2008). In der Fachliteratur findet sich derzeit noch keine einheitliche Definition des Begriffs der „Exekutiven Funktionen“. Goebel (2007) erklärt dies damit, dass in diesem Begriff sehr unterschiedliche und hochkomplexe kognitive Prozesse zusammengefasst werden sollen. Des Weiteren gelang es bisher noch nicht vollständig, die genauen Beziehungen dieser Kontrollprozesse zueinander zu klären. In der deutschsprachigen Literatur sind zu dem Thema „Exekutive Funktionen“ sehr viele Arbeiten von Susanne Kubesch, auf deren Begriffsbestimmung hier auch vorrangig eingegangen wird, existent. Diamond (2006) hält exekutive Funktionen „[...] v. a. in neuen, komplexen und sich verändernden Situationen bzw. bei neuen Aufgaben notwendig, die Konzentration, eine Handlungsplanung sowie eine Problemlösung erfordern. Die Situationen zeichnen sich dadurch aus, dass eine bewusste Auswahl an Handlungsalternativen erfolgt“ (Diamond, 2006, nach Kubesch, 2008, S. 51). Kubesch (2007) lokalisiert dieses „Kontrollsystem“ vorrangig im präfrontalen Kortex (siehe Abbildung 2.4).

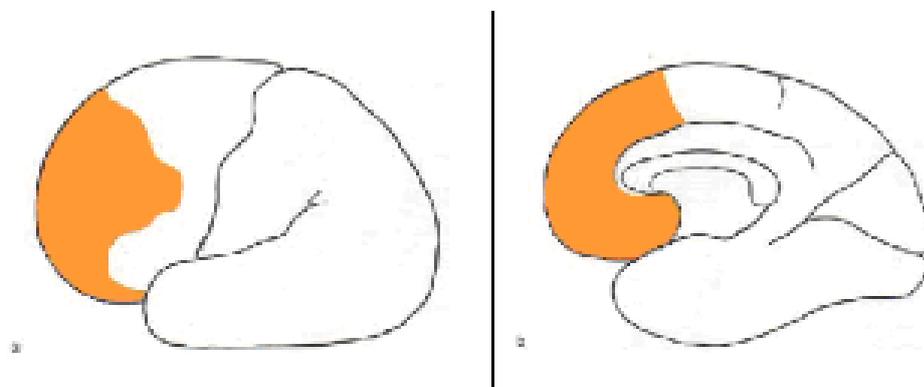


Abbildung 2.4: Lokalisation des präfrontalen Cortex (a: lateral, b: medial) (Trepel, 1999, S. 209)

Der präfrontale Cortex befindet sich im vordersten Bereich der Großhirnrinde (siehe Abbildung 2.4) und zeigt sich für höhere kognitive „Funktionen, wie Denken, Planen, Entscheiden und Ausrichtung des Verhalten

tens an Zielen und sozialen Regeln“ (Goschke, 2008, S. 261) verantwortlich. Dudel, Menzel und Schmidt (2001) beschreiben den PFC als überwachendes Aufmerksamkeitssystem, welches sowohl bei Sinneswahrnehmung, Kontrolle von planvollem Handeln und Sprechen sowie Verhaltensbewertung beteiligt ist. Kubesch (2007) geht davon aus, dass die exekutiven Funktionen im präfrontalen Kortex das emotionale, kognitive und soziale Verhalten leiten, koordinieren und insbesondere in neuen Situationen flexibles Verhalten ermöglichen. Goschke (2008) schreibt die Kontrolle kognitiver Prozesse und die Steuerung der Aufmerksamkeit ebenso den exekutiven Funktionen zu und sagt, dass diese im Wesentlichen, jedoch nicht ausschließlich im PFC angesiedelt sind. Der präfrontale Kortex muss als Teil eines komplexen Systems angesehen werden, welches separate Regionen umfasst, die an differenten Kontrollfunktionen beteiligt sind (vgl. Goschke, 2008). Auch Kubesch (2007) zweifelt die Existenz einer zentralen Exekutive an, da Schädigungen im Frontalhirn nicht zwingend zu Beeinträchtigungen führen müssen. Überdies können auch exekutive Funktionen beeinträchtigt sein, ohne dass der frontale Cortex daran beteiligt ist. Daher geht man davon aus, dass die exekutiven Funktionen keine Einheit darstellen, sondern dass verschiedene Hirnstrukturen, welche auch außerhalb des frontalen Cortex liegen, in Verbindung gebracht werden (Kubesch, 2007).

Allgemein kann man heutzutage konstatieren, dass die Steuerung der Aufmerksamkeitsprozesse einen weiten Teil der exekutiven Funktionen darstellt. Genauer versteht man hier die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Information fokussieren zu können, sowie den Wechsel der Aufmerksamkeit von einer Bezugsquelle zu der anderen. Durch diese Fähigkeit, welche mindestens bewusstseinsfähig aber nicht -pflichtig abläuft, wird dem Menschen die Kontrolle von zielgerichtetem Verhalten ermöglicht. Zusätzlich organisiert das exekutive System Lernprozesse und Strategien zur Problemlösung. Dies dient bei abstrakten Entscheidungsprozessen der vorausschauenden Handlungsplanung und bei den Aufgabenausführungen deren zeitlicher Strukturierung, der Fehlererkennung und -korrektur.

Zusammenfassend werden in dieser Arbeit exekutive Funktionen folgendermaßen definiert:

„Exekutive Funktionen sind Bestandteil der allgemeinen Intelligenz. Sie werden auch als kognitive Kontrollprozesse bezeichnet, die dann benötigt werden, wenn automatisierte Abläufe zur Aufgabenausführung nicht ausreichen. Von diesem Kontrollsystem, dessen „Sitz“ im Wesentlichen dem Stirnhirn (präfrontaler Kortex) zuzuschreiben ist, wird angenommen, dass es das emotionale, kognitive, und soziale Verhalten leitet, koordiniert und v. a. in neuen Situationen flexibles Verhalten ermöglicht“ (Kubesch, 2008 , S. 51).

Dass dem exekutiven System eine Vielzahl von wichtigen Funktionen zugeschrieben werden kann, ist mit der großen Anzahl der zuvor beschriebenen Funktionen zu belegen. Jedoch ist es schwierig, ihre Beziehung zueinander zu erklären. Bei Untersuchungen des übergeordneten Aufmerksamkeitssystems konnte nachgewiesen werden, dass bei der Umsetzung dieser Aufgaben der präfrontale Cortex beteiligt ist. Zu den exekutiven Funktionen zählt auch das Arbeitsgedächtnis, auf das nun im nächsten Kapitel näher eingegangen wird.

2.2.2 Arbeitsgedächtnis

Das Arbeitsgedächtnis zählt zu den exekutiven Funktionen und ermöglicht eine aktive Aufrechterhaltung an Informationen, „[...] wodurch wir uns an eigene Handlungspläne oder Instruktionen anderer Personen besser erinnern und Handlungsalternativen berücksichtigen können“ (Diamond, 2006 zitiert nach Kubesch, 2008, S. 51)“. Des Weiteren dient das Arbeitsgedächtnis der kurzfristigen Aufrechterhaltung und Manipulation von aufgabenrelevanten Informationen (Baddeley, 1988; Goschke, 2008). Es wird als System angesehen, das Lösungen für komplexe Probleme bereithält und an der Bearbeitung von mehrstufigen Aufgaben sowie beim Abschätzen von alternativen Strategien beteiligt ist (Zimmermann & Fimm, 2008a; Baddeley & Della Sala, 1998) . In diesem Kontext kann im Arbeitsgedächtnis eine begrenzte Menge von Informationen gleichzei-

tig festgehalten und zueinander in Beziehung gesetzt werden (Baddeley, 1988). Diese Informationen können, jedoch nur für eine relativ kurze Zeit, im Arbeitsgedächtnis gespeichert werden (Buchner und Brandt, 2008; Kupfermann, 1996), da sich der Inhalt des Arbeitsgedächtnisses „in Abhängigkeit von der Aufgabe und den Zielen des Individuums kontinuierlich aktualisiert“ (Zimmermann & Fimm, 2008a, S. 17). Um sie dauerhaft speichern bzw. abrufen zu können, müssen die Informationen mithilfe des Arbeitsgedächtnisses ins Langzeitgedächtnis überführt werden (Baddeley & Della Sala, 1998). Pape (2005, S. 815) stellt – vereinfacht betrachtet – das Arbeitsgedächtnis als „eine Art Arbeitsspeicher mit schneller Zugriffsmöglichkeit dar, der Verhalten an veränderte Bedingungen anhand jüngster Erfahrungen anpasst“. In den 70er Jahren erlebte die Kurzzeitgedächtnisforschung ihre erste große Phase der Popularität. Viele Modelle des Kurzzeitgedächtnisses wurden entworfen und zeigten schon viele Gemeinsamkeiten. Man war sich auch zu dieser Zeit schon einig darüber, dass das Kurzzeitgedächtnis als Arbeitsgedächtnis dient, also ein System zur Verarbeitung mehrerer Informationen gleichzeitig darstellt. Für Aufgaben wie Kopfrechnen, logisches Argumentieren und Problemlösen sind derartige Arbeitsprozesse nötig. Doch Baddeley stellte sich die Frage, ob wirklich nur das Kurzzeitgedächtnis diese Leistung erbringen kann und wollte eine einheitliche Erklärung zur Erläuterung des Arbeitsgedächtnisses finden (Baddeley, 1988). Im ursprünglichen Arbeitsgedächtnismodell von 1974 entwickelten Baddeley und Hitch zum ersten Mal das System des Mehrspeichermodells, welches vorläufig aus der phonologischen Schleife und einem visuell-räumlichen System bestand. Beide Speicherabteilungen wurden innerhalb dieses Systems von der übergeordneten zentralen Exekutiven kontrolliert.

Durch die beiden Subsysteme (phonologische Schleife und visuell-räumlicher Notizblock), popularisieren die Autoren ein „nicht-unitäres System mit domain-spezifischer Verarbeitungs- und Speicherfunktion“ (Zoelch, 2005, S. 12 ff). Die Hierarchie dieses Systems wird an der übergeordneten zentralen Exekutive deutlich: Sie nimmt Koordinations- und Steuerfunktionen wahr und kontrolliert damit neben den Subsystemen auch den

seit 2000 von Baddeley vorgestellten episodischen Puffer („episodic buffer“) (Baddeley, 2000). Der episodische Buffer ist ein Speichersystem unter der Kontrolle der zentralen Exekutive, welches sowohl temporär als auch kapazitär begrenzt ist. Hier werden unterschiedlichste Information zu chunks oder Episoden zusammengefasst und für weitere Speicherschritte prepariert. Durch die Fähigkeit des episodischen Buffer, unterschiedlichste Codes zu integrieren, zu kombinieren und abzuspeichern hat er eine Art Schnittstelleninstanz (Baddeley, 2000). Die schematische Darstellung des Arbeitsgedächtnismodells in einer modifizierten Version nach Baddeley (2002) wird in Abbildung 2.5 dargestellt. Für eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Komponenten, siehe Baddeley (2002) und Zoelch(2005).

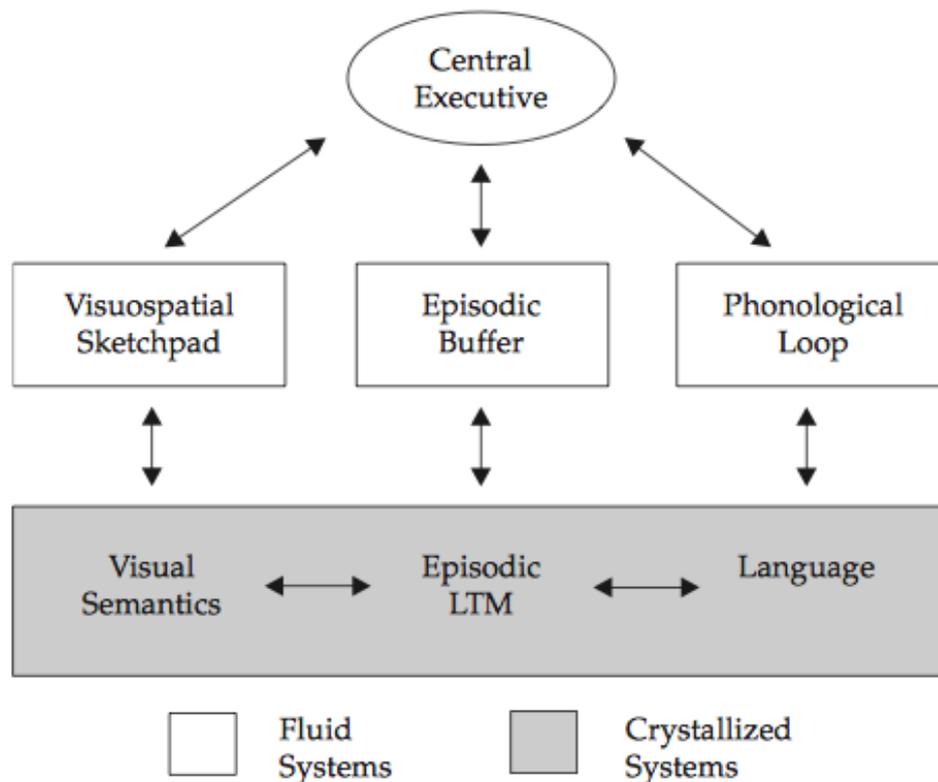


Abbildung 2.5: Arbeitsgedächtnismodell modifiziert nach Baddeley (2002, S. 93)

„Aufgrund der begrenzten Speicherkapazität des Arbeitsgedächtnisses, gelingt es dem phonologischen Subsystem aber nur dann, akustische,

artikulatorische und visuell dargebotene sprachliche Informationen zu speichern, wenn diese innerhalb von zwei Sekunden ausgesprochen werden“ (Kubesch, 2008, S. 25). Dies hängt damit zusammen, dass das Kurzzeitgedächtnis eine nur sehr geringe Speicher- und Verarbeitungskapazität besitzt und diese hier in erster Linie beansprucht wird. Daraus folgt ebenfalls, dass es dem Menschen leichter fällt, sich kurze anstatt lange Wörter zu merken. In der phonologischen Schleife wird es ermöglicht, Laute intern zu memorieren, was für das Sprachverständnis von hoher Relevanz ist. Durch diese Fähigkeit wird der Menschen befähigt, Dinge zu wiederholen, was man im Allgemeinen als „rehearsal“ bezeichnet. Das visuelle Subsystem hingegen ist für die Verarbeitung von visuellen Informationen in ihrer räumlichen Anordnung zuständig. Dies ist zum Beispiel wichtig, um geografische Vorstellungen von Orten zu erlangen, Farben einzuordnen oder räumliche Aufgaben planen zu können. Die zentrale Exekutive allerdings steht als Steuer- und Verarbeitungseinheit, welche den beiden Subsystemen dient (siehe Abbildung 2.5). Durch das Zusammenfügen von sowohl visuellen, als auch phonologischen Informationen im episodischen Buffer wird die Speicherkapazität deutlich erhöht (Kubesch, 2008).

Zusammenfassend wird in dieser Arbeit das Arbeitstgedächtnis (vereinfacht) folgendermaßen verstanden:

„Das Arbeitsgedächtnis dient zur kurzzeitigen Speicherung von Informationen, die für weitere Operationen aufrecht erhalten werden müssen (z. B. wenn man sich einen Sachverhalt merkt, während man dem Gespräch anderer Personen folgt). Trotz begrenzter Speicherkapazität von etwa sieben Elementen wie Worten, Objekten und Ziffern über einen Zeitraum von nur wenigen Sekunden ist das Arbeitsgedächtnis von großer Bedeutung. Es kann gespeicherte Informationen derart verwenden, dass komplexe kognitive Funktionen, wie z. B. Sprache, entstehen können. Das Arbeitsgedächtnis ermöglicht uns, einen Satz zu sprechen oder zu verstehen, auch wenn ein längerer Nebensatz eingeschoben wird oder ein Zwischenruf vom Gesagten ablenkt. Zielgerichtetes Verhalten setzt also ein funktionierendes Arbeitsgedächtnis voraus, indem nicht nur

die momentanen Informationen dem Verhalten zugrunde liegen, sondern Reaktionen auch auf vorausgegangene Informationen erfolgen können (Spitzer, 2002 in Kubesch 2008, S. 51).“

Das Arbeitsgedächtnis wird in dieser Arbeit ebenso wie die Daueraufmerksamkeit, welche im nächsten Kapitel genauer beschrieben wird, über die Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP), die von Peter Zimmermann und Bruno Fimm entwickelt wurde, erfasst.

2.2.3 Daueraufmerksamkeit

Gerrig und Zimbardo (2002, S. 126) bezeichnen Aufmerksamkeit als „A state of focused awareness on a subset of the available perceptual information“. Dabei wird deutlich, dass Daueraufmerksamkeit keine Leistung ist, welche sich an einem einzigen Aufgabentyp bestimmen lässt. Die langfristige Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit ist bei allen Aufgaben auch mit unterschiedlichster kognitiver Beanspruchung notwendig. Es wird zwischen Vigilanz und Daueraufmerksamkeit unterschieden. Bei extrem monotonen Reizbedingungen mit niedriger Ereignishäufigkeit wird von Vigilanz gesprochen, wohingegen bei einem häufigen Auftreten kritischer Reize der Begriff „Daueraufmerksamkeit“ verwendet wird (Kasten, 2007; Zimmermann & Fimm, 2008a). Wie der Begriff Daueraufmerksamkeit schon annehmen lässt, handelt es sich nicht um einen einzelnen Aufgabentyp, sondern die Leistung der Daueraufmerksamkeit setzt sich aus sehr unterschiedlichen längerfristigen Kognitionsbeanspruchungen zusammen. Die Aufgaben können einfache Reizentdeckungsaufgaben, aber auch Aufgaben mit einer hohen kognitiven Arbeitsbelastung umfassen. Die Daueraufmerksamkeit lässt sich auch als „[...] Fokussierung der Aufmerksamkeit auf eine mental beanspruchende Arbeit über eine längere Zeitspanne“ beschreiben (Zimmermann & Fimm, 2008a, S. 29). Insbesondere bei interessanten Aufgaben sollte es gesunden Probanden nicht schwer fallen, ihre Aufmerksamkeit über einen längeren Zeitraum aufrechtzuerhalten.

Zwischen dem Konstrukt der Aufmerksamkeit und den exekutiven Funk-

tionen besteht vermutlich eine enge funktionelle Beziehung; Einschränkungen im Bereich der exekutiven Funktionen lassen sich häufig auf Defizite in der Aufmerksamkeit zurückführen (Hennighausen, Schecker und Schulz, [o. Jahr])

2.2.4 Die Verankerung der Kognition in dieser Arbeit

Der Oberbegriff psychische Gesundheit inkludiert ebenfalls die Kognition. Die zu messende kognitive Leistungsfähigkeit wird zu einem Großteil von den exekutiven Funktionen mitbestimmt. Die Funktionalität des Arbeitsgedächtnis und der Daueraufmerksamkeit wird den exekutiven Funktionen zugeordnet. Der Arbeitsgedächtnis- und Daueraufmerksamkeits-Test sollen in den hier diskutierten Studien als Messinstrumente der kognitiven Leistungsfähigkeit dienen.

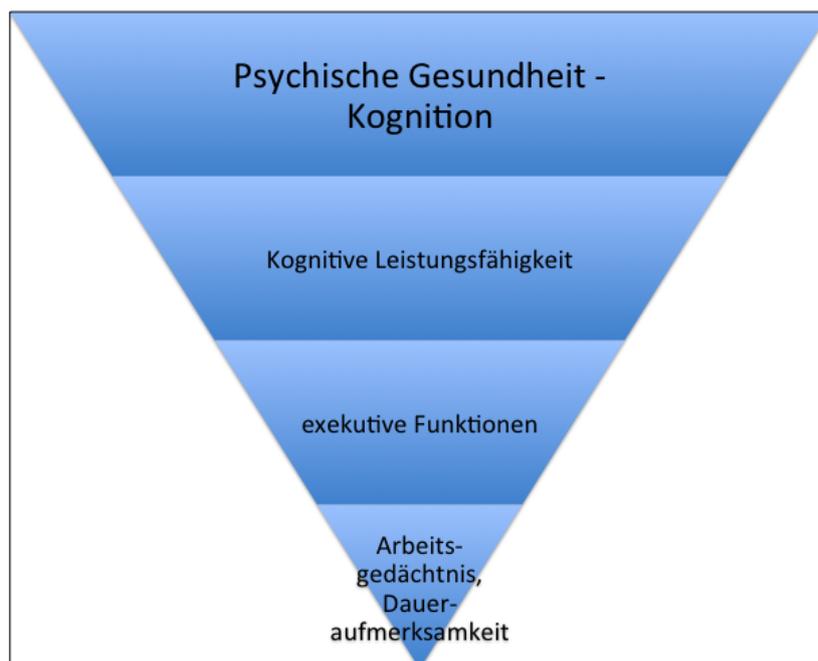


Abbildung 2.6: Einordnung und Erfassung der Kognition in dieser Arbeit

2.3 Körperliche Aktivität, Fitness und Ausdauer

2.3.1 Körperlich-sportliche Aktivität

Unter körperlicher Aktivität versteht Rost (1997, S. 23-24) „[...] die Summe aller Prozesse, bei denen durch aktive Muskelkontraktionen Bewegungen des menschlichen Körpers hervorgerufen werden bzw. vermehrt Energie umgesetzt wird.“ Es kann also festgehalten werden, dass „alle Bewegungen [...], die im Alltag des Menschen eine Rolle spielen, z. B. Gehen, Fahrradfahren, Treppensteigen, Gartenarbeit, Putzen, u.ä.“ (Wagner, Woll, Singer und Bös, 2006, S. 59) somit eine körperliche Aktivität darstellen. Bei dieser Definition von physical activity/körperlicher Aktivität werden lediglich körperinterne Bewegungen (bspw. Darmaktivitäten, Herzschlag...) und Aktivitäten ohne nennenswerten Energieverbrauch (Lesen, Brettspiele...) ausgeschlossen.

Der körperlichen Aktivität steht die „strukturierte körperliche Aktivität“ gegenüber, bei welcher durch den bewussten Einsatz von Bewegungen eine Anpassungsreaktion des Körpers (Verbesserung der Gesundheit oder körperlichen Fitness) verbunden ist (Rost, 1997). In diesem Fall wird von ‚sportlicher Aktivität‘ gesprochen. Sportliche Aktivität wird in der Regel ebenso mit höherer Intensität, als die im Alltag relevanten körperlichen Aktivitäten ausgeführt (Wagner et al., 2006). Sportliche Aktivität (engl. exercise) definiert Woll (1996, S. 35) als einen aktiven, zielmotivierten, spezifisch organisierten Umgang mit dem Körper innerhalb eines sportlichen Rahmens. „Sportliche Aktivität ist immer körperliche Bewegung unter Ausnutzung bestimmter motorischer Fähigkeiten und Fertigkeiten verbunden mit Befinden und Erleben und eine Form der sozialen Interaktion und Kommunikation“ (Woll, 1996, S. 35). Der Begriff „sportliche Aktivität“ impliziert einen geplanten, strukturierten Prozess zum Zweck des Erhalts oder der Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit (Knoll, 1997). In der englischsprachigen Literatur wird diese begriffliche Differenzierung noch deutlicher. Hier wird bei körperlichen Aktivitäten

in Freizeit, Beruf und Alltag von „physical activity“ gesprochen; „Physical activity is defined as any bodily movement produced by skeletal muscles that results in energy expenditure“ Caspersen et al. 1985, S. 129)(Caspersen, Powell & Christenson, 1985).

Bei körperlichen (sportlichen) Aktivitäten, die sportbezogen ein gewisses Übungselement implizieren, wird von „exercise“ gesprochen als „Planned, structured, and repetitive bodily movement done to improve or maintain one or more components of physical fitness“ .

Generell gilt, dass jede sportliche Aktivität zu den körperlichen Aktivitäten zählt, allerdings gehören nicht alle körperlichen zu den sportlichen Aktivitäten.

Romahn (2008, S. 12), verwendet für den Bereich des nicht institutionalisierten Freizeitsports den Begriff der „körperlich-sportlichen“ Aktivität. Damit soll deutlich gemacht werden, dass auch im Freizeitbereich die qualitativen Aspekte einer sportlichen Aktivität vertreten sein können. Häufig werden die beiden Begriffe „körperliche Aktivität“ und „sportliche Aktivität“ kongruent verwendet (Knoll, 1997).

Im Bundesgesundheitsblatt fasst Brandes (2012, S. 96) sowohl körperliche Aktivitäten im Alltag als auch sportliche Aktivitäten im Trainingskontext unter dem Begriff der „körperlichen Aktivität“ zusammen und definiert „körperliche Aktivität“ als [...] alle Handlungen des Menschen, die aus dynamischen und statischen Muskelkontraktionen resultieren, die oftmals – aber nicht notwendigerweise – in äußerlich wahrnehmbaren Bewegungen münden und sich in einer Veränderung physiologischer Parameter (zum Beispiel in einer Erhöhung des Energieumsatzes) manifestieren. Dies schließt sowohl geplante, strukturierte und systematisierte Handlungen ein, die oftmals als „Training“ bezeichnet werden, als auch alle Muskelkontraktionen, die im Alltag (zum Beispiel beim Sitzen, Stehen, Gehen, bei der Arbeit oder in der Freizeit) im Vergleich zum Ruheenergieumsatz zu einem erhöhten Energieverbrauch führen und die als „Non-Exercise-Activity-Thermogenesis“ bezeichnet werden.“

Brandes (2012, S. 100) charakterisiert körperliche Aktivität prinzipiell als die „[...] modifizierbare Determinante, um das genetisch bestimm-

te Potenzial der körperlichen Fitness auszuschöpfen.“ Für die positive Beeinflussung der Gesundheit ist die körperliche Aktivität ebenso wichtig wie die körperliche Fitness. Durch eine erhöhte körperliche Aktivität lässt sich die körperliche Fitness steigern – somit wird die Gesundheit positiv beeinflusst (Brandes 2012, S. 100).

Die von Brandes (2012) beschriebenen Konnekte zwischen Gesundheit und körperlicher Aktivität bzw. Fitness zeigen, dass sich zur Diagnostik die körperliche Fitness besser als prospektiver Faktor zur Beurteilung der Gesundheit eignet als die körperliche Aktivität. Hinzu kommt, dass sich die körperliche Fitness valide über laborbasierte Messungen erheben lässt, wohingegen die Erfassung der körperlichen Aktivität im Alltag ein noch recht junges Forschungsfeld ist und die Datenerhebung oft nur hinlänglich möglich und teilweise fehlerbehaftet ist. Im Kapitel Ambulatory Monitoring 2.5 wird darauf noch präziser eingegangen werden. In den nächsten beiden Kapiteln werden vorab die Begriffe „körperliche Fitness“ und „kardiovaskuläre Fitness“ als wichtige Einflussgrößen auf die Gesundheit näher beschrieben.

2.3.2 Körperliche Fitness

Unter Fitness versteht man im Allgemeinen „[...] die Lebenstauglichkeit des Menschen sowie dessen aktuelle Eignung für beabsichtigte Handlungen“ (Röthig, Becker, Carl, Kayser und Prohl, 1992, S. 165). Für den Bereich Sport ist die körperliche (physical fitness) und motorische Fitness (motor fitness, physiological fitness) entscheidend. Caspersen et al. (1985) unterscheiden zwischen leistungsbezogener Fitness (performance-related-fitness) und gesundheitsbezogener Fitness (health-related-fitness). Leistungsbezogene Fitness bezieht sich auf jene Komponenten, die zur optimalen Arbeitsverrichtung oder sportlichen Leistung notwendig sind; die Letztere bezieht sich auf die Fähigkeit des Einzelnen im athletischen Wettkampf (Bouchard & Shepard, 1994; Pate, 1988). Gesundheitsbezogene Fitness dagegen beschreibt die Faktoren, die durch einen habituell aktiven Lebensstil verbessert werden können und in Zu-

sammenhang mit dem Gesundheitszustand stehen (Bouchard, Blair & Haskell, 2007). Gesundheitsbezogene Fitness kann also als Zustand definiert werden, der durch die Fähigkeit charakterisiert ist, Alltagsaktivitäten mit der Vitalität und den biologischen Eigenschaften und Kapazitäten ausführen zu können, die mit einem geringen Risiko der Entstehung von chronischen Erkrankungen und vorzeitigem Tod in Verbindung stehen (Pate, 1988). Diese inkludieren die morphologische, metabolische, kardiorespiratorische, muskuläre und motorische Komponente (Bouchard, Blair & Haskell, 2007). Skinner und Oja (1994) differenzieren die fünf Teilaspekte der gesundheitsbezogenen Fitness folgendermaßen:

1. die morphologische Komponente (z. B. Body Mass Index, Knochendichte, Fettverteilung),
2. die muskuläre Komponente (z. B. Kraft, Schnelligkeit),
3. die motorische Komponente (z. B. Beweglichkeit, Koordination),
4. die kardiorespiratorische Komponente (z. B. maximale Sauerstoffaufnahme, maximale Herzfrequenz) und
5. die metabolische Komponente (z. B. Lipidmetabolismus, Insulinsensitivität, Glukosetoleranz).

Die von Skinner und Oja (1994) benannten Komponenten der muskulären, motorischen und kardiorespiratorischen Fitness fasst Bös (1998) unter dem Begriff der „motor fitness“ zusammen. Darunter lässt sich nach Bös (1998) die allgemeine körperliche Leistungsfähigkeit subsumieren, welche auf einer ersten Differenzierungsebene unterschieden werden kann nach energetisch determinierten (konditionellen) Fähigkeiten und informationsorientierten (koordinativen) Fähigkeiten. In der zweiten Differenzierungsebene werden die zentralen Fähigkeitskategorien, sog. motorische Grundeigenschaften/motorische Hauptbeanspruchungsformen Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit, Beweglichkeit und Koordination differenziert. Auf der detaillierten dritten Ebene lassen sich nach Dauer, Umfang und Intensität 10 Fähigkeitskomponenten unterscheiden (siehe Abbildung 2.7). Diese 10 Einzelbausteine der Motorik lassen sich über einzelne Testaufgaben erfassen. Diese wiederum lassen sich zu Testprofilen oder Testbatterien kombinieren.

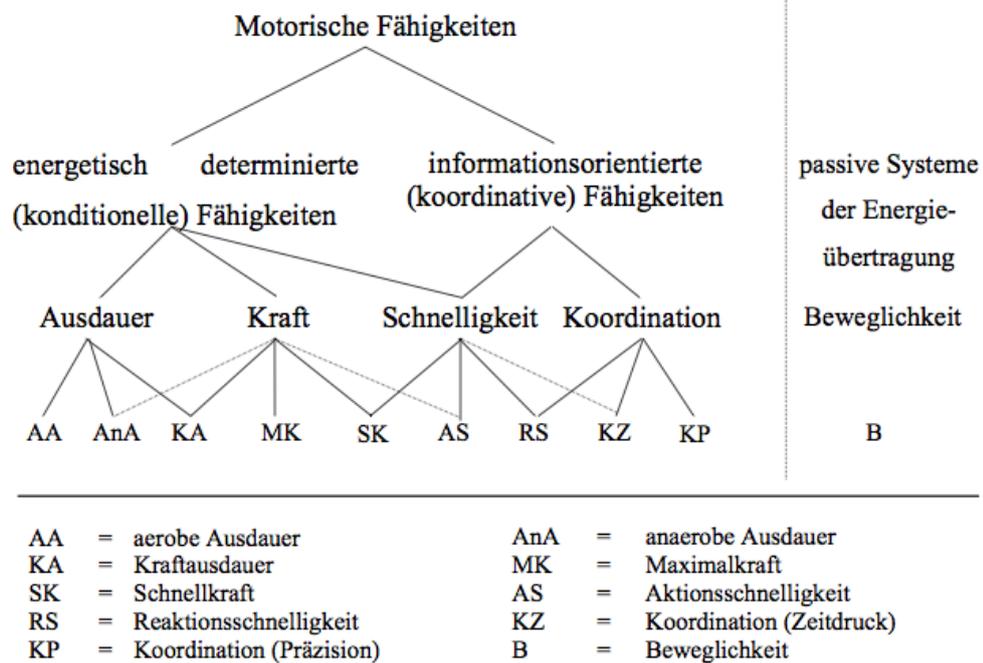


Abbildung 2.7: Differenzierung motorischer Fähigkeiten (nach Bös, 1987 aus Bös, 2003, S. 3)

Für die Erfassung der Fähigkeitskomplexe auf erster Ebene gibt es Komplextests; Konditions-, Fitness- und Koordinationstests. (Bös, 2001 und Bös, 2003).

Wie im vorangegangenen Kapitel schon erwähnt, erfolgt die Bestimmung der körperlichen Fitness überwiegend über objektive und reproduzierbare Labormessungen. Wie auch die körperliche Aktivität lässt sich der Begriff der körperlichen Fitness nicht eindeutig definieren und ist dementsprechend kontextabhängig. Caspersen et al. (1985) definieren die „Physical fitness“ folgendermaßen:

„A set of attributes that people have or achieve that relates to the ability to perform physical activity.“

Ins Deutsche inhaltlich transferiert ist körperliche Fitness eine Kombination aus kardiorespiratorischer Fitness, Muskelkraft, Flexibilität und Koordination (US Department of Health and Human Services, 1996). Körperliche Fitness verbessert sich durch körperliche Aktivität und Training. Das Ausmaß dieser Trainingseffekte wird durch weitere individu-

elle Parameter (genetisch, orthopädisch, kardiozirkulatorisch, pulmonal und metabolisch) bestimmt (Bjarnason-Wehrens, Schulz, Gielen, Halle, Dürsch, Hambrecht, Lowis, Kindermann, Schulze und Rauch, 2009).

Unter gesundheitsorientierter Perspektive ist v. a. die kardiorespiratorische Fitness von herausragender Bedeutung. Da die vorliegende Arbeit als ein primäres Ziel die Verbesserung der Gesundheit bei jungen Erwachsenen fokussiert, wird die kardiorespiratorische bzw. kardiovaskuläre Fitness im nächsten Kapitel detaillierter betrachtet.

2.3.3 Kardiorespiratorische und kardiovaskuläre Fitness

Kardiorespiratorische Fitness scheint einen der größten Risikofaktoren für kardiovaskuläre Erkrankungen und die Gesamt mortalität darzustellen (Kaminsky, Arena, Beckie, Brubaker, Church, Forman, Franklin, Gulati, Labvie, Myers, Patel, Pina, Weintraub & Williams, 2013).

Kardiorespiratorische Fitness beschreibt die Fähigkeit des Herz-Kreislauf-Systems, der beanspruchten Muskulatur ausreichend Sauerstoff zur aeroben Energiegewinnung zur Verfügung zu stellen, und ist bei einer Steigerung der Belastungsintensität der leistungsbegrenzende Parameter. Die kardiorespiratorische Fitness wird „durch die maximale kardiozirkulatorische Leistungsfähigkeit determiniert [...]. Sie entspricht der maximalen Kapazität des Sauerstofftransports von der Einatemluft bis zur mitochondrialen Energiebereitstellung (ATP-Synthese). Der Goldstandard zur Evaluation der kardiorespiratorischen Fitness ist die Messung der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO₂max), welche typischerweise während Fahrrad- oder Laufbandergometrie (Spiroergometrie) erhoben wird (Bjarnason-Wehrens et al., 2009).“

Im Forschungskontext wird eine Verbesserung der allgemeinen dynamischen aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit auch mit dem Begriff der „kardiorespiratorischen Fitness“ oder der „kardiovaskulären Fitness“ beschrieben (Blair et al., 1996, Caspersen et al., 1985).

Da aus ökonomischen Gründen in der vorliegenden Thesis die Aus-

dauerleistungsfähigkeit nicht mittels der Spiroergometrie, sondern der Laktatdiagnostik bestimmt wird, wäre es an dieser Stelle falsch, von einer Veränderung der kardiorespiratorischen Fitness zu sprechen. In zwei der in dieser Arbeit vorgestellten Studien wird mittels der Laktatleistungskurve der Übergang zwischen rein aerober und partiell anaerober, laktazid-gedeckter muskulärer Energiestoffwechsellistung ermittelt. Der genaue Vorgang der Laktatdiagnostik wird später im Kapitel 4.3 genauer vorgestellt.

Die kardiovaskuläre Fitness bezieht sich dagegen nicht auf den Atemvorgang, sondern das Herz-Kreislaufsystem. Beide Systeme lassen sich allerdings nicht komplett getrennt voneinander betrachten. Für den Begriff der kardiovaskulären Fitness findet sich aktuell keine einheitliche Definition in der Literatur. Zudem wird der Begriff äußerst uneinheitlich verwendet. Häufiger findet man die Begriffe „kardiovaskuläre Erkrankung“, „kardiovaskuläre Risikofaktoren“, wobei körperliche Aktivität ein zentraler Bestandteil der kardiovaskulären Prävention und Rehabilitation darstellt (Bock, 2014).

Nocon et al. (2008) und Woodcock et al. (2011) belegen, dass körperliche Aktivität (je nach Umfang und Intensität) die Gesamt- bzw. kardiovaskuläre Mortalität um 19 bis 35 % senken kann.

Etliche Studien zeigen (Kodama et al. (2009), LaMonte et al. 2005, Fogelholm (2010) und Lee et al. (2011)), dass Menschen mit einer guten Ausdauerleistungsfähigkeit im Vergleich zu Menschen mit schlechten Fitnesswerten seltener chronisch erkranken und seltener an Todesursachen sterben, die das Herz-Kreislaufsystem betreffen. Gemäß Weltgesundheitsbericht 2002 der WHO (WHO, 2002) verursachen in den Industriestaaten Tabak, Alkohol, ein zu hoher Blutdruck, hohe Serumcholesterolwerte und Übergewicht ein Drittel aller Erkrankungen. Des Weiteren resultieren mehr als 75 % aller kardiovaskulären Erkrankungen aus Tabakkonsum, hohem Blutdruck und hohen Serumcholesterolwerten bzw. einer Kombination dieser Faktoren, sie stellen somit global die häufigste Ursache vorzeitiger Todesfälle dar. Insgesamt verursacht hohes Cholesteroll jährlich mehr als 4 Millionen, Tabak beinahe 5 Millionen und hoher

Blutdruck 7 Millionen vorzeitige Todesfälle. Aufgrund der starken Beziehung zwischen der Ernährung bzw. Nahrungsbestandteilen und Kennzeichen kardiovaskulärer Erkrankungen (Blutdruck, LDL, Cholesterol) könnte ein signifikanter Teil der vorzeitigen Todesfälle durch eine verbesserte Ernährung einerseits, und die Entwicklung neuer, den Blutdruck und LDL reduzierende funktionelle Lebensmittel andererseits, verhindert werden. Kardiovaskuläre Erkrankungen werden im Wesentlichen von Arterienverengungen (Arteriosklerose) verursacht, was zu einer verringerten Sauerstoffversorgung von Organen (Herz, Skelettmuskel, Gehirn, Darm, Nieren) führen kann. Kardiovaskuläre Erkrankungen sind eine Gruppe degenerativer Erkrankungen des gesamten Herz-Kreislauf-Systems und umfassen die koronare Herzerkrankung (KHK), periphere arterielle Erkrankungen und Herzinfarkt. Die vorwiegenden klinischen Symptome koronarer Herzerkrankungen sind Myokardinfekte (Herzattacke), Angina und plötzlicher Herztod.

Das kardiovaskuläre System umfasst den Blutkreislauf, bestehend aus Herz und Blutgefäßen (kardio: Herz betreffend; vaskulär: die (Blut)gefäße betreffend). Eine wesentliche Aufgabe des Bluts besteht u. a. darin, den Transport von Sauerstoff aus den Lungen zu jeder einzelnen Körperzelle hin und den Transport von Kohlendioxid in die entgegengesetzte Richtung zu ermöglichen. Dieser Transport von Sauerstoff und Kohlendioxid ist neben der Lungentätigkeit ein wichtiger Vorgang bei der Atmung (lat.: Respiratio). Wie zu Beginn des Kapitels erwähnt, beschreibt die kardiorespiratorische Fitness die Fähigkeit des Herz-Kreislauf-Systems die Zellen der arbeitenden Muskulatur ausreichend mit Sauerstoff zu versorgen. Je effektiver dieser Vorgang abläuft (was über die VO₂max bestimmt wird), desto besser ist die kardiorespiratorische Fitness. Da dieser Vorgang entscheidend von der Funktionalität des Herzens (Herzschlagvolumen) und der Qualität der Blutgefäße, insbesondere der Endothelfunktion (Chemgaroo, 2014)¹, abhängt, wird in dieser Arbeit die kar-

¹„Endothelzellen (in ihrer Gesamtheit auch Endothel genannt) sind die Zellen der Innenwand von Lymph- und Blutgefäßen (Intima). Alle Gefäße des Herz-Kreislauf-Systems sind mit einer einzelligen Schicht von Endothelzellen ausge-

diovaskuläre Fitness als Grundvoraussetzung für die kardiorespiratorische Fitness angenommen. Wobei sich selbstverständlich das kardiovaskuläre und kardiorespiratorische System nicht voneinander abgrenzen lassen, sondern sich gegenseitig bedingen. Die kardiorespiratorische Fitness stellt dabei (über die Erfassung der VO₂max), den besser zu messenden Parameter dar. Die kardiovaskuläre Fitness wird in der Literatur meist qualitativ über das Vorhanden- oder Nichtvorhandensein von typisch kardiovaskulären Erkrankungen (Bluthochdruck, Arteriosklerose, Herzinsuffizienz etc.) und deren Ausprägung definiert. Aus ökonomischen Gründen war es bei den in der vorliegenden Arbeit durchgeführten drei Interventionsstudien nicht möglich, eine Spiroergometrie durchzuführen. In Studie 1 und 3 wurde somit der Laktattest und in Studie 2 der Walking-Test zur Erfassung der Ausdauerleistungsfähigkeit angewendet. Da die kardiorespiratorische Fitness eindeutig über die Spiroergometrie bestimmt wird und die Begrifflichkeit der kardiovaskulären Fitness nicht hinreichend definiert ist, sieht die Autorin davon ab, von der kardiorespiratorischen oder kardiovaskulären Fitness zu sprechen. Zudem werden beide Begriffe in der Literatur oft parallel und uneinheitlich verwendet. Daher beschränkt sich die Autorin in dieser Arbeit auf die Begrifflichkeit der gesundheitsbezogenen Fitness, in welcher auch eine kardiorespiratorische Komponente berücksichtigt ist. Diese kardiorespiratorische Komponente wird in dieser Arbeit über die Ausdauerleistungsfähigkeit (durch Laktatdiagnostik und Walking-Index erfasst) reflektiert.

2.3.4 Ausdauer

Generell verbessert die regelmäßige Ausübung ausdauerorientierter Aktivitäten die „allgemeine dynamische aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit“ (Hollmann & Strüder, 2009). Im Forschungskontext wird eine Verbesserung der allgemeinen dynamischen aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit

kleidet. Diese Zellschicht ist z. B. am Stoffaustausch zwischen Blut und Gewebe beteiligt, sie reguliert den Tonus der Gefäßmuskulatur und beeinflusst über die Regulation von Gerinnungsprozessen die Fließfähigkeit des Blutes“ (zitiert nach Chemgaroo, 2014).

auch mit dem Begriff der „kardiorespiratorischen Fitness“ oder der „kardiovaskulären Fitness“ beschrieben (Blair et al., 1996, Caspersen et al., 1985). Die konditionelle Fähigkeit »Ausdauer« wird im Allgemeinen als Ermüdungswiderstandsfähigkeit des Organismus definiert, die dadurch charakterisiert ist, „eine gegebene Leistung über einen möglichst langen Zeitraum aufrechterhalten zu können“ (Hollmann & Hettinger, 2000, S. 262). Aus wissenschaftlicher Sicht lässt sich Ausdauer unter Betrachtung verschiedener Aspekte systematisieren: Umfang der beteiligten Muskulatur (allgemein vs. lokal), Art der Energiegewinnung (aerob vs. anaerob), Art der Muskelarbeit (statisch vs. dynamisch), Zeitspanne der Belastung (Kurzzeitausdauer – Mittelzeitausdauer – Langzeitausdauer). Ein systematisch durchgeführtes Ausdauertraining hat das Ziel, „ermüdungsbedingte Leistungsverluste [...] zu verringern und dadurch die sportliche Leistung und die Belastbarkeit zu verbessern“ (Schnabel, Harre, Krug und Borde, 2005, S. 315).

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf die konditionelle Fähigkeit der Ausdauer, insbesondere auf das moderate Laufen. Unter dem Begriff Ausdauer wird die „Ermüdungs-Widerstandsfähigkeit des Organismus“ verstanden, welche „eine gegebene Leistung über einen möglichst langen Zeitraum aufrecht erhalten kann“ (Bös & Banzer, 2006, S. 240). Die Ausdauerfähigkeit kann in verschiedene Aspekte (z. B. Muskelmasseeinsatz, Energiebereitstellung, Belastungsdauer) differenziert werden. Hollmann & Hettinger (2000, S. 263) stellen die Unterteilung dieser Aspekte in einem Schema zusammen (siehe Abbildung 2.8). Die Autoren unterscheiden nach dem Umfang der beteiligten Muskulatur (lokal vs. allgemein), der Art der Energiegewinnung (aerob vs. anaerob), der Art der Muskelarbeit (statisch vs. dynamisch) und nach der Zeitspanne der Belastung (Kurzzeitausdauer – Mittelzeitausdauer – Langzeitausdauer). Auf eine ausführliche Charakterisierung, Differenzierung sowie Beschreibung sportphysiologischer Grundlagen der Ausdauer soll an dieser Stelle verzichtet werden. Für eine umfassende und detaillierte Darstellung der konditionellen Fähigkeit »Ausdauer« wird an dieser Stelle auf die einschlägigen Standardwerke der Sportmedizin, Sportphysiologie

und Trainingswissenschaft von De Marées (2003), Hohmann, Lames und Letzelter (2007), Hollmann und Hettinger (2000), Rost (2001), Schnabel et al. (2005) sowie Zintl (1990) verwiesen. In der Trainingswissenschaft unterscheidet man nach verschiedenen Belastungsmerkmalen (Intensität, Dauer, Umfang, Dichte und Häufigkeit) folgende Grundmethoden zur Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit (De Marées, 2003; Hohmann et. al, 2007): 1. Dauermethode, 2. extensive und intensive Intervallmethode, 3. Wiederholungsmethode und 4. Wettkampf- und Kontrollmethode.

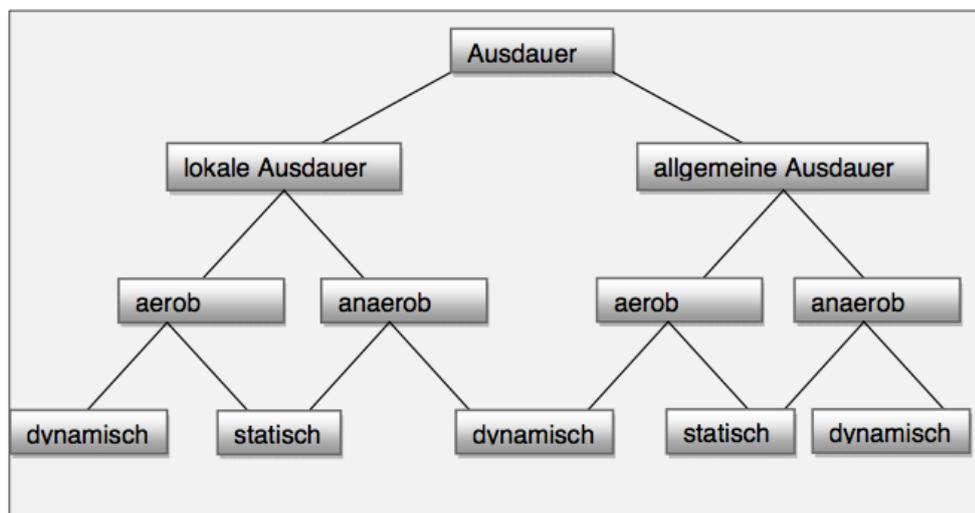


Abbildung 2.8: Schema der Ausdauerfähigkeiten (modifiziert nach Hollmann & Hettinger, 1976, S. 301)

Insbesondere für den Gesundheitssport ist die allgemeine Ausdauer entscheidend. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird lediglich auf die Dauermethode eingegangen, da sie nach Bös und Banzer (2006) die Basis eines gesundheitsorientierten Ausdauertrainings darstellt und insofern als Trainingsmethodik für alle drei Studien ausgewählt wurde. Die Dauermethode – als ununterbrochene Belastung über eine bestimmte Zeitdauer mit geringer bis mittlerer Intensität – lässt sich nach Zintl (1990) darüber hinaus in die kontinuierliche Dauermethode, die variable Dauermethode und das Fahrtspiel differenzieren. Die kontinuierliche Dauermethode ist gekennzeichnet durch gleichbleibende Intensität

bzw. Geschwindigkeit. Die variable Dauermethod wird auch als Tempowechselmethode bezeichnet und ist durch einen planmäßigen Wechsel der Intensität innerhalb einer gewissen Bandbreite charakterisiert. Beim Fahrtspiel dagegen erfolgt ein unplanmäßiger Wechsel der Intensität (geländebedingt oder nach subjektivem Befinden). Bei den in dieser Arbeit vorgestellten drei Studien kam in den jeweiligen Interventionszeiträumen sowohl die kontinuierliche als auch die variable Dauermethod zur Anwendung. Eine detaillierte Beschreibung der jeweiligen Intervention zur Steigerung der Ausdauer erfolgt in den entsprechenden Methodikkapiteln der einzelnen Studien. Im Vordergrund der Dauermethod steht die Verbesserung der aeroben Kapazität, konnektiert mit einer Ökonomisierung des Bewegungsablaufs, Verbesserung des Fettstoffwechsels, Erweiterung und ökonomische Nutzung der Glykogenspeicher sowie eine Steigerung der maximalen Sauerstoffaufnahmefähigkeit. Bei der variablen Dauermethod wird durch den Wechsel der Belastungsintensität im aerob-anaeroben Funktionsbereich zusätzlich die Umstellung zwischen den differenten Formen der Energiebereitstellung verbessert (Hohmann et al. 2007; Schnabel et al., 2005; Weineck, 2010).

Das American Center for Disease Control and Prevention (CDC) und das American College für Sportmedizin (ACSM) veröffentlichten eine Empfehlung zur Belastungsdosierung im Gesundheitssport, wonach sich jeder Erwachsene täglich mindestens 30 Minuten mit moderater Intensität bewegen sollte, sodass er dabei ins Schwitzen gerät (Pfeffer, 2010). In einer Veröffentlichung der American Heart Association identifizieren Kaminsky et al. (2013) die Ausdauerleistungsfähigkeit als den wichtigsten Prädiktor für die Gesundheit.

2.3.5 Die Verankerung von körperlicher Aktivität, Fitness und Gesundheit in der vorliegenden Arbeit

Um eine verbesserte körperliche Fitness zu erreichen, ist eine Steigerung der körperlichen Aktivität notwendig. Diese wird sowohl durch

Alltagsaktivität als auch Training bestimmt. In den vorliegend diskutierten Studien wird jeweils ein angeleitetes und kontrolliertes Training von der Studienleitung durchgeführt und dokumentiert. Zusätzlich wird in Studie 3 das Activity Monitoring als Messmethode zur Erfassung der körperlichen Aktivität eingesetzt.



Abbildung 2.9: Die Einordnung und Erfassung von körperlicher Aktivität

Eine erhöhte körperliche Aktivität zeigt sich in einer verbesserten körperlichen Fitness. In den hier diskutierten Studien wird der Laktat- und Walking-Test zur Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit und damit als Messmethode der körperlichen Fitness eingesetzt.



Abbildung 2.10: Die Einordnung und Erfassung von körperlicher Fitness und Gesundheit in dieser Arbeit

2.4 Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf den Organismus

2.4.1 Auswirkungen von körperlicher Aktivität – allgemein

Die positiven Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf den menschlichen Organismus sind nicht nur in der Sportwissenschaft vielfältig untersucht worden und unumstritten. „Über den positiven Nutzen körperlicher Aktivität besteht weitgehender Konsens“ (Graf, Predel & Bjarnason-Wehrens, 2004, S. 19).

Schon Paffenbarger, Hyde, Wing & Hsieh (1986) sowie Samitz (1998) konnten nachweisen, dass durch regelmäßige moderate körperliche Aktivität das Mortalitätsrisiko deutlich gesenkt werden kann. Heutzutage

gilt eine linear umgekehrte, proportionale Beziehung zwischen körperlicher Aktivität und dem Auftreten von Herz-Kreislauf-Erkrankungen als wissenschaftlich gesichert (Knoll, Banzer & Bös, 2006, S. 84). Darüber hinaus steigert körperliche Aktivität die Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislauf-Systems und stärkt über die Steuerung hormoneller Parameter das Immunsystem (Hohmann et al., 2007; Knoll et al., 2006). Körperliche Aktivität führt zu einer gesteigerten Lipolyse und wirkt dadurch einer Adipositasentwicklung entgegen (Graf et al. 2004; Hollmann & Hettinger, 2000). Zudem senkt sie den Insulinspiegel und damit verbunden das Risiko von Übergewichtigen, an Diabetes mellitus (Typ II) zu erkranken (Knoll, 1997; Saltin & Helge, 2000). Körperliche Aktivität verbessert die Knochensubstanz und gilt dadurch als präventive Maßnahme für Osteoporose-Erkrankungen (Hollmann & Hettinger, 2000; Knoll, 1997). Baumann (2004) konnte in seinem epidemiologischen Review den positiven Nutzen von körperlicher Aktivität auf die Gesundheit nachhaltig bestätigen; die Erkenntnisse beziehen sich auf die Gesamtmortalität, die Prävention kardiovaskulärer Erkrankungen, Diabetes, das Risiko von Schlaganfällen und die Prävention von Übergewicht. Aktuelle Übersichtsarbeiten von Fuchs (2007), Hänsel (2007), Samitz & Baron (2002) sowie Warburton, Nicol & Bredin (2006) belegen ebenfalls den positiven Effekt körperlicher Aktivität auf den Gesundheitsstatus.

Doch nicht nur physische Auswirkungen werden mit körperlicher Aktivität assoziiert, auch positive psychische Auswirkungen werden körperlicher Aktivität zugeschrieben (Arent, Landers & Etnier, 2000; Babyak, Blumenthal, Herman, Khatri, Doraiswamy, Moore, Craighead, Balde- wicz and Krishnan, 2000; Craft & Landers, 1998; Fuchs, 2003; Landers & Arent, 2001; Neumann & Frasch, 2005; Puetz, O'Connor & Dishman, 2006; Reed & Ones, 2006). Bereits Lichtman und Poser (1983, S. 49) stellten die positiven Auswirkungen von körperlicher Aktivität bei ihrer Interventionsstudie mit Probanden im Alter von 16 bis 54 Jahren fest; „The results [...] indicate that the exercise group felt more elated, less sad, less serious or engaged in thought, less fatigued and less unhappy following exercise.“ Durch die vermehrte Ausschüttung von Endorphi-

nen und die Veränderung im serotonergen System entfaltet körperliche Aktivität v. a. bei Patienten mit klinischer Depression einen stimmungspositiven Einfluss und eine antidepressive Wirkung (Biddle & Asare, 2011, Blumenthal et al., 2007, Brosse, Sheets, Lett & Blumenthal 2002; Fuchs, 2003; Hollmann & Hettinger, 2000; Hollmann & Strüder, 2003; Neumann et al., 2005). Allerdings warnen Schlicht und Brand (2007, S. 77): „Zur Wirkung sportlich-körperlicher Aktivität auf die psychische Gesundheit lässt sich alles in allem festhalten, dass auch hier statistisch bedeutsame, wenn auch nur kleine bis mittlere Effekte nachweisbar sind. Man kann mit körperlicher Aktivität Einfluss auf die Stimmung und das Wohlbefinden nehmen, und es existieren Indizien, dass man damit therapeutische Interventionen bei psychischen Störungen unterstützen kann. Gleichwohl ist die Evidenz der therapeutischen Wirkung eher bescheiden.“ Zu ähnlichen Schlussfolgerungen gelangen auch Fuchs und Leppin (1992) in einer Längsschnittstudie zu sportlicher Aktivität und seelischer Gesundheit. Entscheidend sei dabei, von einer pauschalisierten Formulierung, körperliche Aktivität erhöhe die psychische Gesundheit, abzukommen. Siehe dazu mehr im Kapitel 2.4.4

Neben dem Einfluss körperlicher Aktivität auf die physischen und psychischen Komponenten lassen sich ebenso positive Auswirkungen auf die kognitive Leistungsfähigkeit nachweisen (Colcombe et al., 2006; Etnier et al., 1997; Tomporowski, 2003; Yaffe, Barnes, Nevitt, Lui & Covinsky, 2001). Allerdings vermitteln Übersichtsarbeiten, dass der Einfluss körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit noch umstritten ist (Etnier et al., 1997; Tomporowski & Ellis, 1986; Tomporowski, 2003; Weingarten, 1973). Sicher ist dennoch, dass physiologisch durch körperliche Aktivität das Neuronenwachstum im Gehirn angeregt wird (Berchtold, Kesslak, Pike, Adlard & Cotman 2001; Black, Issac, Anderson, Alcantara & Greenough 1990; Cotman & Berchtold, 2002; xxxxx-Cotmann & Engesser-Cesar, 2002; Hollmann & Hettinger, 2000; Hollmann & Löllgen, 2002; Isaacs, Anderson, Alcantara, Black & Greenough, 1992; Russo-Neustadt, Beard, Huang & Cotman, 2000). Die meisten dieser Studien beziehen sich allerdings auf Kinder (Hillman, Erickson &

Kramer, 2008, Hillman & Schott, 2013; Sibley & Etnier, 2003; Tomporowski et al. 2008) oder auf ältere Menschen (Colcombe et al., 2006; Yaffe et al., 2001). Der Einfluss von Sport auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei jungen Erwachsenen wurde bislang kaum untersucht. Daher versucht diese Arbeit diese Forschungslücke – mittels der Erstellung eines systematischen Reviews (siehe Kapitel ??) – zu den Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei jungen Erwachsenen zu reduzieren.

2.4.2 Physische Auswirkungen von körperlicher Aktivität

Die Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf die physischen Gesundheitsressourcen wurden in der Vergangenheit in zahlreichen Studien konstatiert (siehe z. B. Baumann, 2004; Fuchs, 2007; Warburton et al., 2006; Hänsel, 2007). Durch die kontinuierliche Beanspruchung des Muskelsystems werden Anpassungsprozesse im ganzen Organismus ausgelöst. Dies fördert die Widerstandsfähigkeit und die Aufrechterhaltung der Gesundheit. So werden das Herz-Kreislaufsystem, der Haltungs- und Bewegungsapparat, wie auch das Zentralnervensystem und viele weitere innere Organe und physische Funktionsbereiche positiv beeinflusst (siehe Tabelle 2.2). Durch das aerobe Ausdauertraining wird die Ermüdungswiderstandsfähigkeit erhöht, die körperlichen Beanspruchungen sind leichter zu regulieren und die Erholung des Körpers erfolgt schneller. Physiologisch passen sich das Herz-Kreislauf-System, die Atmung und der Stoffwechsel an (Bös & Banzer, 2006). Die Effekte von körperlicher Aktivität und Sporttreiben auf die differenten Funktionsbereiche fassen Banzer, Knoll und Bös (1998) in Tabelle 2.2 übersichtlich zusammen. Die einzelnen Faktoren der kardiovaskulären, hämodynamischen, metabolischen und endokrinen Wirkung, welche von körperlicher Aktivität beeinflusst werden, haben in gesamtheitlicher Konsequenz Einfluss auf den Körper und dessen Gesundheit.

Wissenschaftliche Untersuchungen belegen die präventiven, therapeu-

tischen und rehabilitativen Auswirkungen eines regelmäßigen Sportprogramms bei somatischen Beschwerden, wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen, bestimmten Krebsarten, Erkrankungen des Bewegungs- und Stützapparats und der Gesamtmortalität (siehe Übersichtsarbeiten: Baumann, 2004; Fuchs, 2007; Warburton et al., 2006; Hänsel, 2007). Daraus lässt sich schließen, dass körperliche Inaktivität einen relevanten Faktor für Gesundheitsrisiken darstellt.

Dem im Jahr 2003 durchgeführten telefonischen Gesundheitssurvey des Robert-Koch Institutes zufolge sind in Deutschland 16 % der Männer und 15 % der Frauen sportlich nicht aktiv (Rütten, 2005). Das Ziel vieler epidemiologischer Arbeiten besteht darin, Einflussvariablen, wie etwa körperliche Aktivität, zu erkennen und anhand dieser Arbeiten Erkrankungswahrscheinlichkeiten oder Todesraten zu mindern. Buksch und Schlicht (2010) stellen in ihrer Studie eine signifikante Reduktion der Mortalität durch körperliche Aktivität fest. Eine vergleichbare Risikoreduktion mit sogar 50 % belegten auch Leitzmann, Park, Blair, Ballard-Barbash, Mouw, Hollenbeck und Schatzkin (2007). Sallis und Owen (1999) schätzen die Verlängerung der Lebenserwartung bei körperlicher Aktivität auf ca. 2 Jahre. Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass körperlich aktive Menschen mit Risikofaktoren, wie Bluthochdruck, Diabetes, Rauchen, Übergewicht, Hypercholesterinämie und Lungenerkrankungen, ein geringeres relatives Mortalitätsrisiko aufweisen als inaktive Personen ohne diese Risikofaktoren (Warburton et al., 2006).

Doch wie eingangs dieser Arbeit schon erwähnt, geht es nicht nur um die Verlängerung der Lebenszeit, sondern um eine möglichst qualitative und erfüllende Lebenszeit. An dieser Stelle wird das Konstrukt der gesundheitsbezogenen Lebensqualität wieder relevant, auf welche im nächsten Kapitel Bezug genommen wird.

Tabelle 2.2: Wirkungen körperlicher Aktivität auf physiologische Funktionsbereiche (modifiziert nach Knoll, 1997, S. 51)

Kardiovaskuläre Wirkung
Verbesserung der Sauerstoffaufnahmevermögens und der Sauerstofftransportkapazität
Senkung der Herzfrequenz
Vergrößerung des Schlagvolumens
Hypertrophie der Herzmuskulatur
Verbesserung der Blutversorgung der Herzmuskulatur
Hämodynamische Wirkung
Verbesserung der Fließeigenschaften des Blutes
Erhöhung der Blutgerinnungsbereitschaft
Erhöhung der Fibrinolyse-Aktivität
Metabolische Wirkungen
Zunahme des Mitochondrienvolumens
Verbesserung der Enzymaktivität der Muskulatur
Anstieg des Myoglobingehaltes in der Muskelzelle
Vermehrung der intramuskulären energetischen Substrate
Veränderung der Cholesterin-Zusammensetzung durch Verbesserung des HDL-LDL-Verhältnisses
Endokrinologische Wirkungen
Anstieg der Katecholamine
Anstieg des Cortisol
Anstieg des Wachstumshormons

2.4.3 Neurophysiologische Anpassungserscheinungen

Als Grundlage für die Erklärung einer möglichen Veränderung des psychischen Wohlbefindens oder der kognitiven Leistungsfähigkeit infolge von körperlicher Aktivität werden in der Wissenschaft neurophysiologische Anpassungserscheinungen im menschlichen Gehirn herangezogen.

- (1) Durchblutung des Gehirns
- (2) Neurogenese
- (3) Exekutive Kontrollfunktionen

Als gesichert kann inzwischen angenommen werden, dass körperliche Aktivität die Durchblutung des Gehirns verbessert (Isaacs et al., 1992). Herholz, Buskies, Rist, Pawlik, Hollmann und Heiss (1987) konnten bei Untersuchungen auf dem Fahrradergometer bereits bei einer Belastung von 25 Watt signifikante Durchblutungssteigerungen (13.5 %) in verschiedenen Gehirnabschnitten nachweisen. Eine verbesserte Gehirnvaskulierung um 20 bis 30 % in fast 60 % der Großhirnfläche konnten Hollmann und Strüder (2003) durch Fingerbewegungen (ähnlich dem

Klavierspielen) nachweisen. Aerobe dynamische Belastungen und koordinative Beanspruchungen scheinen sich demnach für besonders geeignet zu erweisen, um eine erhöhte Durchblutung bestimmter Gehirnareale zu erreichen (Hollmann & Strüder, 2003). Wohingegen bei statischer Muskelarbeit keine signifikanten Durchblutungsveränderungen im Gehirn beobachtet werden konnten (Hollmann, Strüder & Tagarakis, 2005). Eine regional gesteigerte Gehirnvaskulierung führt zu einem „[...] schnelleren und effizienteren Transport biochemischer Substanzen an periphere Zielorte [...]“ (Moser, 2010, S. 68). In Tierversuchen konnte nachgewiesen werden, dass IGF-1 (Insulin-like Growth Factor) – ein insulinähnlicher Wachstumsfaktor in den stärker durchbluteten Gebieten des Gehirns – vermehrt durch Neurone aufgenommen wird (Cotman & Berchtold, 2002). Ebenso zeigte sich in Tierversuchen, dass eine durch körperliche Aktivität verbesserte Durchblutung des Gehirns (neben den für Bewegung, Gleichgewicht und Herz-Kreislaufregulierung zuständigen Regionen) besonders im Hippocampus auftritt (Delp, Armstrong, Godfrey, Laughlin, Ross & Wilkerson, 2001). Der Hippocampus ist eine kleine Struktur, welche tief im Temporallappen liegt und ein für das Lernen neuer Inhalte wichtiger Teil des Gehirns ist. Für das Lernen eines neuen Sachverhaltes muss dieser zuerst vom Hippocampus aufgenommen werden. Ohne den Hippocampus ist das Erlernen neuer Ereignisse unmöglich (Spitzer, 2007). „Der Hippocampus lernt wichtige und neue Einzelheiten sehr schnell; er ist zudem (durch starke Selbstverknüpfung) in der Lage, unvollständige Informationen zu ergänzen. Solche Netzwerke vervollständigen unvollständigen Input anhand gespeicherter Informationen (Spitzer 1996). Es gibt starke Hinweise darauf, dass der Hippocampus in Abhängigkeit von der Erfahrung wächst und besser funktioniert, je mehr er beansprucht wird (Spitzer 2002)“ (aus Hennen, Grünwald, Revermann und Sauter 2007, S. 89).

Der Hippocampus wird von Hirnkapillaren durchzogen, welche die dortigen Neuronen mit Nährstoffen versorgen. Durch körperliche Aktivität wächst das Volumen und auch die Verästelung dieser Kapillare nimmt

zu. Partuell kommt es sogar zur Angiogenese.²Diese Angiogenese und auch die Neurogenese³ wird hauptsächlich durch die Wachstumsmoleküle VGF (Vascular Growth Factor), IGF (Insulin-like Growth Factor) und BDNF (Brain Derived Neurotrophic Factor) gesteuert (Ayan, 2009). Diese neuronalen Wachstumsfaktoren gehören alle zur Familie der Neurotrophine. Erst 1998 konnte der schwedische Forscher Thomas Björk-Eriksson die Neubildung von neuen Nervenzellen nachweisen. Bis dahin ging man davon aus, dass der Rückgang der geistigen Leistungsfähigkeit im Alter auf den kontinuierlichen Abbau der Hirnzellen zurückzuführen ist. Inzwischen ist bewiesen, dass selbst bis ins hohe Alter neue Nervenzellen entstehen können. Durch Aktivität vernetzen sich diese untereinander (synaptische Plastizität) (Jasper, 1998). Insbesondere konnte im letzten Jahrzehnt nachgewiesen werden, dass der BDNF⁴durch „[...] die Ausbildung von Synapsen in gedächtnisrelevanten Gehirnarealen [...]“ für die Gedächtnisbildung eine entscheidende Rolle spielt (Laske & Eschweiler, 2006, S. 523). Im Literaturreview Kapitel 3 - „Literaturreview zu körperlicher Aktivität und kognitiven Funktionen“ Eriksson, Perfilieva, Björk-Eriksson, Alborn, Nordborg, Peterson und Gage (1998) konnten nachweisen, dass sich körperliche Aktivität als stärkster Stimulus bei der Neubildung von Nervenzellen erweist. „Bewegungsbedingte Veränderungen der regionalen Gehirndurchblutung und des regionalen Gehirnstoffwechsels stellen einen stimulativen Faktor für Synapsen- und Spinebildung sowie für die Neurogenese im Gehirn dar“ (Hollmann & Strüder, 2003). Gleichzeitig kommt es zu einer vermehrten

²angio (von griech. *ageion* = Gefäß), *genesis* (griech. = Entstehung); „Bezeichnung für einen Vorgang, bei dem unter physiologischen und pathophysiologischen Bedingungen neue Blutgefäße aus dem bestehenden Gefäßsystem aussprossen.“ (spektrum.de / Lexika, Zugriff am 19. März 2014 unter <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/angiogenese/3509>)

³Neurogenese bezeichnet „die Bildung von Nervenzellen aus bestimmten Stamm- oder Vorläuferzellen“ (Lexikon online Zugriff am 25.03.2014 unter <http://lexikon.stangl.eu/1891/neurogenese/>)

⁴„Der BDNF ist ein Protein, das einerseits das Überleben schon existierender Neuronen unterstützt und andererseits Wachstum und Differenzierung von neuen Neuronen und Synapsen fördert. Im Gehirn ist es aktiv im Hippocampus, Kortex und basalen Frontalhirn. Dies sind alles Gebiete, die beim Lernen, Gedächtnis und höheren Gedankengängen eine wichtige Rolle spielen (Moser, 2010, S. 30).“

Kapillarisation im Gehirn (Hollmann et al., 2005). Hollmann & Strüder (2003) konnten nachweisen, dass es durch körperliche Aktivität besonders durch eine Verbesserung der allgemeinen aeroben dynamischen Ausdauer zu einer hoch signifikanten Zunahme von BDNF kommt. Ein ausreichend hoher BDNF-Spiegel stellt die Grundlage für den Erhalt der neuronalen Funktionen dar und fördert das Wachstum von Nervengewebe (Hollmann et al., 2005; Reinhardt, 2009). Ploughman (2008) konnte jedoch bei Experimenten mit Ratten demonstrieren, dass nur moderate körperliche Aktivität zu einem erhöhten Neurotrophinspiegel führt. Bei zu intensiver körperlicher Aktivität kommt es zu einer Ausschüttung des Stresshormons Kortikosteron, welches die Neurogenese negativ beeinflusst. Ebenso konnte dargelegt werden, dass Stress über mehrere Tage (und ein damit verbundener Anstieg des Stresshormons Kortisol) zu einer Verschlechterung der exekutiven Kontrollfunktionen führt (Newcomer, Selke, Melson, Hershey, Craft, Richards und Alerson 1999). Dagegen konnten Winter, Breitenstein, Mooren, Voelker, Fobker, Lechtermann, Krueger, Fromme, Korsukewitz, Floel und Knecht (2007) zeigen, dass durch Laufen die Katecholaminausschüttung⁵ (der Hormone Dopamin, Epinephrin und Norepinephrin) gesteigert wird, dies zu einem erhöhten BDNF-Spiegel führt und dieser wiederum zu einer Verbesserung der exekutiven Funktionen. Kubesch (2007) macht die Neurotransmitter Serotonin und Dopamin für eine Verbesserung der exekutiven Funktionen verantwortlich. Laut Hüther und Rüter (2000) beeinflusst Serotonin „[. . .] praktisch alle zentral nervös gesteuerten Funktionen und ist so beteiligt an der Regulation von Stimmung, Appetit, Schlaf, sexuellen Prozessen, Schmerzverarbeitung, neuroendokrinen Funktionen, Angst, Gedächtnis, Aggression, Stressverarbeitung, motorischer Aktivität und der zirkadianen Rhythmik“ (Hüther & Rüter, 2000 zitiert nach Kubesch, 2007, S. 55). Der Neurotransmitter Dopamin äußert sich bei einer über das Normalmaß gesteigerten oder auch reduzierten Konzen-

⁵Katecholamine (griechisch aufhalten, zügeln); Bezeichnung für biogene Amine, Neurotransmitter und Hormone (z. B. Dopamin, Adrenalin) mit androgener Wirkung auf das Herz-Kreislauf-System. (Pschyrembel, 2002, S. 840)

tration im präfrontalen Kortex durch kognitive Beeinträchtigungen. Konkludierend lässt sich formulieren, dass eine verbesserte Gehirnvaskulierung ein möglicher Faktor für eine Steigerung der kognitiven Leistungsfähigkeit darstellt. Die verbesserte Gehirnvaskulierung geht ebenso mit einer erhöhten Sauerstoffversorgung des Gehirns einher. Ob sich dies auf die kognitive Leistungsfähigkeit auswirkt, ist derzeit noch unklar. Aerobe dynamische Muskelarbeit und koordinative Beanspruchungen vergrößern die Gehirnplastizität und beeinflussen positiv Quantität sowie Qualität von Neuronen und Synapsen. „Neuronale Verbindungen können gestärkt werden, desgleichen ihre Wirksamkeit durch die vergrößerte synaptische Kapazität und die Hinzufügung von neuen Neuronen“ (Hollmann et al., 2005, S. 7). Körperliche Aktivität besitzt somit nicht nur eine neuroprotektive Wirkung, sondern kann auch für das Wachstum und die Vermehrung von Nervenzellen verantwortlich gemacht werden. Mögliche Verbesserungen der kognitiven Leistungsfähigkeit sind auf diese strukturellen Veränderungen im Gehirn zurückzuführen. Des Weiteren werden mögliche Effekte durch körperliche Aktivität auf die exekutiven Funktionen durch eine gesteigerte Katecholaminausschüttung (Winter et al., 2007) und durch die Synthese und den Abbau von Serotonin und Dopamin (Kubesch, 2007) erklärt.

2.4.4 Psychische Auswirkungen von körperlicher Aktivität

Kognitive und emotionale Prozesse lassen sich nicht eindeutig voneinander abgrenzen. Beide sind psychologische Konstrukte, welche eine Gewichtung differenter Verarbeitungsstrukturen im Gehirn beinhalten (vgl. Barnow 2012). Störungen, wie zum Beispiel bei der Ausschüttung der Neurotransmitter Serotonin, Noradrenalin oder anderen, machen sich in psychischen Erkrankungen (besonders Depressionen) bemerkbar und verdeutlichen den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität, kognitiver Leistungsfähigkeit und psychischem Befinden.

Wie im Kapitel 2.4.1 schon erwähnt, wird dennoch davon abgeraten,

die Effekte von körperlicher Aktivität auf die psychische Gesundheit zu pauschalisieren. Gründe für eine oft mangelhafte Beurteilung der Wirksamkeit von sportlicher Betätigung auf die psychische oder seelische Gesundheit sind zum einen methodische Mängel der Studien und zum anderen ein ausgedehntes Verständnis von psychischer Gesundheit. So fallen unter diesen Begriff Arbeits-, Schlaf- und Sozialverhalten, Intelligenz- und Gedächtnisprozesse, Temperamentvariablen, Selbstachtung, Stressbewältigung und Stressvulnerabilität, Stimmung und Wohlbefinden sowie klinische Symptome wie Angst und Depressivität (Schlicht, 1995). Insbesondere bei depressiven Patienten konnten durch körperliche Aktivität die gleichen positiven Effekte nachgewiesen werden wie nach einer medikamentösen Therapie (Barbour & Blumenthal, 2005; Blumenthal, Babyak, Doraiswamy, Watkins, Hoffman, Barbour, Herman, Craighead, Brasse, Waugh, Hinderliter und Sherwood, 2007; Brosse, Sheets, Lett and Blumenthal, 2002).

Als neurophysiologische Ursache für diesen Effekt werden Veränderungen bei der Neurotransmitter- und Hormonausschüttung (v. a. durch den Neurotransmitter Serotonin und den Neurotransmitter und das Hormon Noradrenalin/Norepinephrin), Durchblutungsveränderungen sowie strukturelle Veränderungen (Neurogenese) genannt (siehe Moser, 2010). In der vorliegenden Arbeit wird vorrangig das Wohlbefinden und die kognitive Leistungsfähigkeit näher betrachtet.

In Anlehnung an die von Becker (1991) vorgenommene Strukturierung von Wohlbefinden nach einem zeitlichen Aspekt werden aktuelle und habituelle Veränderungen des Wohlbefindens durch körperlich-sportliche Aktivität voneinander abgegrenzt. Es gilt dabei, aktuelles und habituelles Wohlbefinden zu unterscheiden.

Die Auswirkungen körperlicher Aktivität auf das aktuelle Wohlbefinden konnten inzwischen mehrfach belegt werden (vgl. Abele et al., 1991, Alfermann & Stoll, 1996; Biddle, 2000; McDonald & Hodgson, 1991; Metzenthin & Tischhauser, 1996; Schlicht, 1995). Metzenthin und Tischhauser (1996) stellen in ihrer Meta-Analyse fest, dass aktuelle positive Befindenszustände durch körperliche Aktivität verbessert werden, wäh-

rend negative Befindenszustände leicht zurückgehen. Die Meta-Analyse von McDonald und Hodgdon (1991) kommt ebenfalls zu einer positiven Bilanz. Dabei ist ein hoch-intensives Training mit einer höheren Anspannung und Angst verbunden, wohingegen sich bei der Durchführung einer niedrig-intensiven Trainingseinheit Verbesserungen hinsichtlich der psychischen Befindlichkeit ergeben (Steptoe & Cox, 1988). Diese Ergebnisse sind kongruent mit denen von Morris und Salmon (1994).

Auswirkungen auf das habituelle Wohlbefinden zeigen sich im aktuellen Forschungsstand allerdings weniger eindeutig und müssen mit Vorsicht beurteilt werden (Abele, Brehm und Gall, 1991; Gomer, 1994; Knoll, 1997). Viele der Untersuchungen weisen methodische Mängel auf, wie bspw. das Fehlen einer Kontrollgruppe oder eine zu geringe Stichprobengröße, zudem erschweren differente Studiendesigns eine Vergleichbarkeit. Doch in den Metaanalysen und Übersichtsarbeiten von Arent, Landers und Etnier, 2000; Biddle, Fox und Boutcher, 2000; Craft & Landers, 1998; Landers und Arent, 2007; Fuchs, 2003; Puetz et al., 2006; Reed & Ones, 2006 sind positive Zusammenhänge zwischen körperlicher Aktivität und psychischem Wohlbefinden erkennbar. Demgegenüber äußern sich Schlicht und Brand (2007) eher kritisch. Wie im vorangegangenen Kapitel schon erwähnt warnen Schlicht & Brand (2007) ebenso wie Fuchs und Leppin (1992) vor einer verallgemeinerten Aussage, dass körperliche Aktivität die psychische Gesundheit erhöht. Vielmehr ist es wichtig, dass die Zusammenhänge der einzelnen Variablen richtig interpretiert werden, dazu weisen Schlicht und Brand (2007) auf drei Möglichkeiten hin:

- (1) Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Variablen der körperlichen Aktivität und der psychischen Gesundheit.
- (2) Es ist eine dritte Variable existent, welche die Stärke des Zusammenhangs beider Variablen beeinflusst.
- (3) Der Zusammenhang von körperlicher Aktivität und psychischer Gesundheit kann nur über eine Drittvariable zustandekommen. Ist

diese Variable (z. B. Fitness) nicht vorhanden, kann kein Zusammenhang zustandekommen.

Nach Schlicht (1995, 22) gilt der Einfluss sportlicher Aktivität auf die psychische Gesundheit allenfalls als eine nomopragmatische⁶Hypothese. Oft wird die Hypothese, Sport beeinflusse die psychische Gesundheit, als uneingeschränkt und universell gültig beschrieben, also für alle Personen als räumlich und zeitlich zugänglich erklärt. Doch Schlicht (1995) weist darauf hin, dass diese Hypothese erst belegt werden muss, bevor eine Empfehlung für sportliche Aktivität als gesundheitsprotektives Verhalten uneingeschränkt ausgesprochen wird.

Mittlerweile existieren zahlreiche Studien und Meta-Analysen, die Schlichts Hinweise berücksichtigt haben. An dieser Stelle sollen einige Studien und Meta-Analysen zum aktuellen und habituellen Wohlbefinden und zur Intensität der körperlichen Aktivität vorgestellt werden. Bei der folgenden chronologischen Auflistung besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit, es soll lediglich ein kurzer Überblick über die Studienlage dargelegt werden.

Zum aktuellen Wohlbefinden:

- Bässler (1995) identifiziert die Tageszeit als Mediator für die Auswirkung von körperlich-sportlicher Aktivität auf das Wohlbefinden. So fühlen sich Manager, wenn sie im Laufe des Tages ein Fitnessprogramm absolviert haben, sowohl im intraindividuellen als auch im interindividuellen Vergleich am Abend deutlich wohler.
- Metzenthin und Tischhauser (1996) weisen in ihrer Meta-Analyse positive Effekte unabhängig der betriebenen Sportart nach, jedoch können diese Effekte aufgrund der Besonderheiten differenter Sportarten variieren.
- Biddle (2000) fand nach aerober körperlicher Aktivität schwache negative Effekte auf Ärgererleben, einen schwachen bis mittelstar-

⁶„Nomopragmatische Aussage: Wenn jemand für sein Verhalten gelobt wird, erhöht sich die Auftrittswahrscheinlichkeit dieser Reaktion.“ (Nienhüser, 1988, S. 5)

ken Rückgang des Spannungserlebens, der Deprimiertheit, Müdigkeit und Konfusion. Besonders bei einem Leistungsbezug der körperlichen Aktivität, persönlicher Verbesserung und Meistern von Aufgaben fand sich eine mittlere bis starke Verbesserung der Stimmungslage.

- Mit zunehmenden Body-Mass-Index (BMI) nahmen die psychischen Auswirkungen von Alltagsaktivitäten in positiver Weise zu. Diese auf den ersten Blick widersprüchlichen Ergebnisse zu Befunden, wonach bei erhöhtem BMI mit zunehmender Bewegungsintensität die positive Stimmungslage abnimmt (Ekkekakis & Lind, 2006), begründen die Autoren mit der Tatsache, dass in ihrer Studie eigens gewählte Bewegungsaktivitäten mit geringer Aktivität anzutreffen waren.
- Schwerdtfeger, Eberhardt und Chmitorz (2008) lieferten in ihrer Studie Hinweise dafür, dass selbst alltägliche Bewegungsaktivitäten als „aktivierend, leistungssteigernd, vitalisierend etc. wahrgenommen“ werden (S. 8).

Zum habituellen Wohlbefinden:

- Leith (1994) fand in seiner Übersichtsarbeit für die Hälfte der Studien einen Anstieg der Selbstachtung durch körperliche Aktivität. Dies hält bis ins hohe Lebensalter an (Roehr-Sendlmeier, 2009).
- McAuley (1994) berichtet von positiven Korrelationen zwischen körperlicher Aktivität und Selbstbewusstsein, Selbstwirksamkeit, psychologischem Wohlbefinden und kognitivem Denken. Andererseits fanden sich negative Korrelationen zwischen körperlicher Aktivität und Angst, Stress und Depression.
- In zwei Meta-Analysen von Schlicht (1994, 1995) kann er keine generelle Wirksamkeit von sportlicher Betätigung auf die psychische Gesundheit nachweisen. Die größten Auswirkungen zeigen sich bei Menschen zwischen 30 und 50 Jahren.

- Brehm (1998) fand in einer Längsschnittstudie von 89 Personen, dass nach einem Jahr Bewegungsprogramm das Beschwerdeerleben der Probanden deutlich abnahm (20 % der Skelett- und Muskelbeschwerden, 45 % der Herz-Kreislauf-Beschwerden, 44 % der Beschwerden ohne organischen Befund und 37 % der psychosomatischen Probleme). Mit Beschwerdeerleben bezeichnet er das individuelle Erleben seines eigenen Körpers, wie z. B. das Schmerzempfinden in bestimmten Körperregionen.
- In einer Meta-Analyse belegten Arent, Landers und Etnier (2000) in 32 Studien eine Steigerung der positiven und einen Rückgang der negativen Stimmung durch Sport. Die meisten Effekte traten nach aerober körperlicher Aktivität auf, es waren aber auch Effekte nach Gewichtstraining existent.
- Wolfson und Turnbull (2002) wiesen bei 50 Studenten eine signifikante Interaktion zwischen körperlicher Aktivität und Feedback nach. Studenten aus der sporttreibenden Gruppe verzeichneten eine signifikant bessere Stimmungslage als die nicht sporttreibende Gruppe nach positivem und neutralem Feedback. Nach negativem Feedback wies die sporttreibende Gruppe allerdings eine schlechtere Stimmungslage auf als die Kontrollgruppe.

Zur Intensität der körperlichen Aktivität (hier treten sehr unterschiedliche Ergebnisse auf):

- MacMahon und Gross (1988) berichten von einem größeren Effekt bei hoher Intensität.
- King, Taylor und Haskell (1993) kann keinen Unterschied bezüglich der Intensität feststellen.
- Nach Leith (1994) sind 12 Wochen körperlicher Aktivität erfolgreicher als in einem Zeitraum von weniger als 8 Wochen.
- Bei selbstgewählter Intensität scheinen die Effekte körperlicher Aktivität stärker hervorzustechen (Vazou-Ekkekakis & Ekkekakis,

2009). Die Autoren begründen dies mit einem negativen Gefühl von Kontrollverlust der Probanden, wenn die Intensität vom Versuchsleiter festgelegt wird.

Wie der an dieser Stelle äußerst knappe Überblick über die Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf das Wohlbefinden bereits zeigt, besteht an dieser Stelle noch ausreichend Forschungsbedarf. Insbesondere fehlen Studien, welche sich mit den Auswirkungen körperlicher Aktivität auf psychisch gesunde Menschen beschäftigen. Den Großteil des aktuellen Forschungsstands stellen Studien mit depressiven Personen dar.

Bei der Erfassung der Auswirkungen auf das psychische Wohlbefinden gewinnt der Einsatz von Ambulatory Monitoring-Systemen zunehmend an Bedeutung. Somit ist es möglich, das psychische Konstrukt des Wohlbefindens im Alltag und nicht nur im Kontext der unnatürlich geschaffenen Laborsituation zu erheben.

2.5 Ambulatory Monitoring

Wie im Bundesgesundheitsblatt von 2012 zu lesen ist, lässt sich die körperliche Aktivität nicht so einfach erfassen wie die körperliche Fitness. Aufgrund der stetigen Weiterentwicklung technischer Gerätschaften eröffnen sich von Zeit zu Zeit immer wieder neue Möglichkeiten zur Datenerhebung in differenten Feldern der wissenschaftlichen Forschung. Die computergestützte Datenerhebung hat sich mittlerweile in vielen Gebieten der Wissenschaft etabliert und gehört zum Forschungsalltag. Auch in der Psychologie werden in bestimmten Anwendungsfeldern im Sinne der Felddiagnostik computerunterstützte Systeme eingesetzt, um Daten über das Befinden, Verhalten oder körperliche Parameter bzw. Aktivität zu erhalten (Fahrenberg, Leonhart & Förster, 2002). Die Versuchspersonen werden in die Handhabung des Messsystems eingewiesen und sind aufgefordert, während ihres alltäglichen Tagesablaufs Informationen über ihre psychische und/oder körperliche Befindlichkeit zu notieren (Perrez, 2006). „Ambulantes Monitoring“ wird definiert als eine

Möglichkeit, körperliche Aktivität, Haltung und Bewegungsmuster sowie Daten über das Verhalten und die psychische Befindlichkeit kontinuierlich im alltäglichen Leben zu erfassen (Bussmann, Ebner-Priemer & Fahrenberg, 2009, S. 142). Dabei sollen die Daten bei einer möglichst geringen methodenbedingten Reaktivität erhoben werden, um eine hohe empirische Gültigkeit und Nützlichkeit zu gewährleisten (Fahrenberg et al., 2002). Bei der Erfassung körperlicher Aktivität und psychischer Befindlichkeit werden bisher – trotz bekannter Mängel im Hinblick auf die Validität – zumeist Fragebögen als Erhebungsverfahren eingesetzt (Bussmann et al., 2009; Fahrenberg, Myrtek, Pawlik & Perrez, 2007). Innerhalb des ambulanten Monitorings können mehrere Strategien voneinander differenziert werden. Dazu gehören u. a. zeit- oder ereignisabhängiges Monitoring, Feld-Diagnostik, kontinuierliches Monitoring, Feld-Experiment, Interaktives Monitoring und Symptom-Monitoring (Fahrenberg et al., 2007). Die Erfassung des Aktivitätsverhaltens innerhalb der vorliegenden Studie erfolgte anhand eines sogenannten kontinuierlichen Monitorings, welches durch die Aufzeichnung eines fortlaufenden Datenstroms gekennzeichnet ist, ohne dass sonstige Gegebenheiten die Aufzeichnung beeinflussen würden (Fahrenberg, 2010, S. 204). Die Datenerhebung der psychischen Befindlichkeit mittels Personal Digital Assistant (PDA) war an die Tageszeit bzw. das Trainingsereignis gebunden. Fahrenberg, Myrtek, Pawlik und Perrez (2007b) bezeichnen dies als zeit- bzw. ereignisabhängiges Monitoring. *Erfassung der psychischen Befindlichkeit*. Die Verwendung von Taschen-Computern bzw. PDAs zur Erfassung der psychischen Befindlichkeit im Rahmen eines ambulanten Monitorings ist nach Fahrenberg, Hüttner & Leonhart (2001) mit folgenden Vorteilen verbunden:

- Alarmfunktionen, welche die Person an die Bearbeitung des Fragebogens erinnern,
- Zuverlässige Angaben über die Zeit und die Dauer der Eingabe,
- Verbergen von zuvor gegebenen Antworten,

- Einfachheit der Datenübertragung auf Computer,
- Einfache Weiterverarbeitung und statistische Berechnung der Daten,
- Flexibles Layout der Fragen- und Antwortkategorien.

Im Gegensatz zu paper-pencil-Fragebögen können elektronisch erfasste Daten somit als zuverlässiger bezüglich der Speicherung und zeitlichen Terminierung sowie als von höherer ökologischer Güte angesehen werden (Fahrenberg et al., 2001). Probleme bei der Anwendung solcher Verfahren können sich u. U. bei der Einweisung in die Gerätschaft und Handhabung ergeben. Dies hängt sehr stark von der Zielgruppe ab, problematisch ist bspw. das Assessment bei älteren Personen oder Menschen mit sensorischen bzw. motorischen Einschränkungen. Für diese ist die Handhabung des Geräts gegebenenfalls nicht praktikabel (Fahrenberg et al., 2001). Zudem gilt zu bedenken, dass die Aufforderung zur Bearbeitung der Abfrage zu einem Zeitpunkt erfolgen könnte, an welchem die Person unpässlich sein könnte, was die letztliche Auswahl der Antwort zu beeinflussen vermag. Ambulantes Aktivitätsmonitoring wurde in den letzten 15 Jahren durch die Entwicklung verschiedener technischer Messverfahren im Bereich der Beschleunigungsmessung (Akzelerometer) stetig verbessert und besitzt mittlerweile ein beachtliches Potenzial, um in der Erfassung von körperlicher Aktivität Anwendung zu finden (Bussmann et al., 2009). In Kombination mit der Entwicklung ausgereifterer Computeralgorithmen können solche Akzelerometer äußerst präzise Auskunft über die Dauer, Art und Intensität von körperlicher Aktivität, Haltung (Liegen, Sitzen, Stehen) und Körperbewegungen (Gehen, Laufen) im alltäglichen Leben vermitteln (Bussmann et al., 2009). Der Fortschritt in der Erfassung von Bewegung und Haltung basierte auf drei Entwicklungen. Erstens: neue piezoresistive und piezokapazitative Sensoren, welche den Weg für die Entwicklung von Akzelerometern ebneten. Zweitens: der Entwicklung taschengroßer Geräte, welche digitale Signale speichern können und so die Aufzeichnung großer Datenmen-

gen ermöglichen bzw. erleichtern. Drittens: Steigerung der Computerleistungsfähigkeit, die höherentwickelte Methoden der Datenanalyse zulässt (Förster & Fahrenberg, 2000). Die innerhalb des ambulanten Aktivitätsmonitorings verwendeten Geräte können aufgrund ihres Outputs in drei Kategorien unterschieden werden:

- (1) Aktivitätszähler = Erfassung von bestimmten Aktivitäten, nicht jedoch ihre Intensität (z. B. Schrittzähler),
- (2) Aktometer = ermöglichen Auskunft über die Intensität der körperlichen Aktivität,
- (3) Mehrkanal-Akzelerometer = Erfassung von Aktivitäts-, Haltungs- und Bewegungsmustern

(vgl. Bussmann et al, 2009, S. 145). In der vorliegenden Studie wurde ein Mehrkanal-Akzelerometer („Move II) der Firma movisens eingesetzt. Für die Compliance und Reaktivität dieser Verfahren konnten in den letzten Jahren positive Ergebnisse erzielt werden. Darüber hinaus wird die Reliabilität für gewöhnlich als sehr hoch angegeben (Bussmann et al, 2009). Bedenken äußern Bussmann et al. (2009) jedoch bezüglich der Validität, da die Studienleitung oftmals keine Einsicht in das Setting und keine Kontrolle über die soziale sowie physische Umwelt der Probanden hat. Zur Lösung dieses Problems schlagen sie den Einsatz von elektronischen Tagebüchern und die Aufnahme anderer Variablen wie Lärm, Klima und Lichtverhältnisse vor, um zusätzlich Informationen über den Kontext der erfassten Daten zu erhalten (Bussmann et al, 2009). Neben diesen Faktoren beeinflusst auch die Platzierung der Sensoren am menschlichen Körper die Ergebnisse und muss demzufolge in die Betrachtung der Validität miteinbezogen werden. Bussmann et al. (2009) weisen darauf hin, dass der Sensor je nach Zielstellung platziert werden muss. Zur Erfassung des Energieumsatzes im Tagesverlauf wird dieser mittlerweile zumeist an der Hüfte getragen, wohingegen im Schlaf das Handgelenk vorgezogen wird (Bussmann et al., 2009). Obwohl ambulante Monitoring-Systeme, insbesondere deren Kombination,

eine umfassende Möglichkeit zur Erfassung psychischer und körperlicher Parameter in differenten Kontexten darstellen, weisen Bussmann et al. (2009) darauf hin, dass diese Verfahren immer noch keinen Standard in der psychologischen Forschung darstellen. In der vorliegenden Arbeit wurde in Studie 3 ein ausführliches ambulantes Monitoring der Probanden, sowohl zur Erfassung der Alltagsaktivität, als auch zur Erfassung der Befindlichkeit durchgeführt.

3 Literaturreview

Literaturreview zu körperlicher Aktivität und kognitiven Funktionen

3.1 Herausforderungen des demographischen Wandels

Die Erforschung der Faktoren, die die kognitiven Fähigkeiten des Menschen beeinflussen, sowie der jeweils zugrunde liegenden Mechanismen zählt gegenwärtig zu den zentralen und dringendsten Aufgaben der Biowissenschaften. Im Zuge des bereits stattfindenden demographischen Wandels werden Mediziner, Psychologen, Pflegedienste, Krankenkassen, die ganze Gesellschaft, mit einer stetig zunehmenden Zahl demenzkranker Menschen konfrontiert, während die Forschung ‚auf der Stelle tritt‘ und keine Lösungen, keine signifikanten therapeutischen Ansätze, liefern kann. Demenzen zählen zu den häufigsten gerontopsychiatrischen Erkrankungen; sie treten meistens erst nach dem 60-sten Lebensjahr auf. Gemeinsam allen Formen der Demenz ist die fortschreitende Verschlechterung der kognitiven Fähigkeiten des Betroffenen. Von großer theoretischer, aber auch praktischer Bedeutung ist daher nicht nur die Erforschung der Faktoren, die zu kognitiven Beeinträchtigungen und Demenz führen, sondern insbesondere die Frage, ob und wie es möglich ist, den Abbau kognitiver Fähigkeiten aufzuhalten bzw. die Kognition des Einzelnen zu steigern, zu optimieren – unabhängig vom Ausgangsniveau, und auch unabhängig vom Alter bzw. vom Allgemeinzustand des kon-

kreten Individuums.

3.2 Körperliche Aktivität- der Schlüssel zur Besserung der Kognition?

Eine fast unüberschaubare Flut einschlägiger wissenschaftlicher Studien weist darauf hin, dass körperliche Aktivität einen erheblichen Einfluss auf die kognitiven Fähigkeiten des Einzelnen haben kann – allerdings ist bisher noch nicht eindeutig geklärt worden, ob dies als generelles Phänomen anzusehen ist oder ob – und in welchem Ausmaß – der gewünschte Effekt nur bei bestimmten Personen oder Gruppen zur Geltung kommt. Kann sportliche Betätigung beispielsweise Anfangssymptome einer Demenz (etwa bei leichter kognitiver Beeinträchtigung) lindern oder rückgängig machen? Profitieren auch Demenzkranke von sportlicher Tätigkeit? Welche Bedeutung haben Sport und regelmäßige körperliche Aktivität für gesunde Menschen? Sind die Auswirkungen bei alten und jungen Menschen vergleichbar? Trotz der zahlreichen Arbeiten, die sich mit diesem Phänomen befassen, gelang es bislang noch nicht, den Mechanismus, der den Wechselwirkungen zwischen zentralem Nervensystem und Muskularbeit zu Grunde liegt, zu klären. Die aufgeworfenen Fragen gilt es zu beantworten, denn bisherige Erkenntnisse lassen darauf schließen, dass körperliche Aktivität – insbesondere aktive sportliche Betätigung – einen hohen Stellenwert bei der Vorbeugung, eventuell sogar bei der Therapie kognitiver Störungen haben könnte.

3.3 Aufmerksamkeit als zentraler Aspekt der Kognition

Aufmerksamkeit – die allgemeine Fähigkeit des Individuums, die Gedanken auf eine konkrete Aufgabe oder auf ein konkretes Objekt zu konzentrieren – hat einen zentralen Stellenwert für die kognitiven Fähigkeiten

des Individuums und wird häufig als das „Herzstück“ des kognitiven Systems angesehen (Perez et al, 2014). Daher wird, wenn es um die Beurteilung der kognitiven Fähigkeiten eines Individuums geht, in der Regel (auch und insbesondere) die Aufmerksamkeit untersucht. Nach einem von Posner und Petersen entwickelten Modell beruht die Aufmerksamkeit auf drei Netzwerken: Alerting, Orienting und Executive Control (Perez et al, 2014; Posner et Petersen, 1990; Petersen et Posner, 2012). Diese drei Netzwerke sind, wie anhand bildgebender Verfahren bestätigt werden konnte, aus anatomischer Sicht von einander weitgehend unabhängig: Beim Alerting sind der Thalamus und anteriore und posteriore kortikale sites aktiv, beim Orienting hingegen parietale sites und das frontale Augenfeld. Bei der exekutiven Kontrolle werden das anteriore Cingulum und der dorsolaterale präfrontale Kortex aktiviert (Fan et al, 2005; Perez et al, 2014). Callejas und Kollegen untersuchten die wechselseitige Beeinflussung der drei Aufmerksamkeits-Netzwerke und stellten fest, dass zwischen diesen Netzwerken signifikante Interaktionen stattfinden. So zeigte sich, dass das Alerting-Netzwerk die exekutive Kontrolle inhibiert, während das Orienting-Netzwerk die exekutive Funktion positiv beeinflusst. Das Alerting-Netzwerk steigert seinerseits die Funktion des Orienting-Netzwerks (Callejas et al, 2004).

Zur Beurteilung bzw. Messung der Aufmerksamkeit wurde eine Reihe von Tests entwickelt, darunter auch computergestützte Tests, die es gestatten, mit relativ geringem Zeitaufwand alle drei Netzwerke isoliert zu bewerten – wie etwa der Attention Network Test (ANT) (Fan et al, 2002); der Test wurde erfolgreich auch bei Kindern angewendet (Rueda et al, 2004). In veröffentlichten Studien werden jedoch auch Modifikationen des ANT-Tests sowie eine Reihe anderer Tests erwähnt, etwa der Woodcock-Johnson III Test (Pastula et al, 2012), modifizierte Flanker-Tests (Kamijo et al, 2009), verschiedene Stroop-Tests (Chang et al, 2014), der Set-switching Test, Brown-Petersen-Test, Free-Recall-Memory Test (Coles et Tomporowski, 2008), der Face-Name-Matching task (Griffin et al, 2011), der Cambridge Cognitive Examination (CAMCOG-Test) (Arcoverde et al, 2014) und andere.

3.4 Einfluss aerober körperlicher Aktivität auf die Kognition

Die umfassenden wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Auswirkungen aerober körperlicher Aktivität auf die kognitiven Fähigkeiten des Menschen wurden größtenteils in den letzten etwa zehn Jahren gewonnen. Den Stand der Kenntnisse im Jahre 2003 haben Colcombe und Kramer zusammengefasst; sie werteten die Resultate einer auf 18 Studien basierenden Metaanalyse aus. Die wichtigste Erkenntnis war: Aerobes Fitnesstraining hat günstige Auswirkungen auf die Kognition; die auffälligsten Verbesserungen wurden im Bereich der exekutiven Kontrollprozesse beobachtet. Das Ausmaß des Effekts wird von einer Reihe von Faktoren beeinflusst, zu denen insbesondere die Dauer und Art der Intervention sowie das Geschlecht der Studienteilnehmer zählen (Colcombe et Kramer, 2003). Im gleichen Jahr veröffentlichte Tomporowski seine Beobachtung, dass eine submaximale aerobe körperliche Belastung von bis zu 60 Minuten die Kognition begünstigt; länger anhaltende Belastungen könnten sich dagegen sowohl auf die Informationsverarbeitung als auch auf die Gedächtnisfunktion negativ auswirken (Tomprowski, 2003). Sibley und Beilock befassten sich mit der Frage, ob Verbesserungen der Kognition vom Ausgangsniveau des Einzelnen abhängig sind. Direkt im Anschluss an eine 30-minütige Akutbelastung auf dem Laufband testeten sie bei gesunden Probanden das Arbeitsgedächtnis. Es zeigte sich, dass der größte positive Effekt bei jenen Probanden eintrat, deren kognitive Performanz vor der sportlichen Intervention am geringsten war. Diese Erkenntnis kann verallgemeinert dahingehend ausgelegt werden, dass der Effekt der körperlichen Belastung auf die Kognition nicht nur von der Art, Dauer und Intensität des Trainings, sondern auch von den individuellen Eigenschaften der Studienteilnehmer abhängt (Sibley et Beilock, 2007). Pontifex und Hillman beobachteten, dass nach körperlicher Aktivität die Genauigkeit der Bearbeitung inkongruenter Aufgaben eher abnehme; bei kongruenten Aufgaben sei dieser Effekt nicht aufgetreten (Pontifex et Hillman, 2007). Hillman und Kollegen stellten fest,

dass aerobes Training zu einem wichtigen Faktor nicht nur zur Erhaltung, sondern auch zur Steigerung der physischen und psychischen Gesundheit beiträgt (Hillman et al, 2008). Voss und Kollegen beklagten noch im Jahr 2011, dass trotz aller bereits gewonnener Erkenntnisse die Wechselwirkungen zwischen aerober sportlicher Aktivität und kognitiver Leistung nicht ausreichend erforscht seien; es mangle an exakten Daten zur Wirkung unterschiedlicher Trainingsarten sowie zur Dauer bzw. Intensität der Übungen auf die Kognition. Insbesondere im Bereich der kognitiven Veränderungen in höherem Alter ließe die Datenlage zu wünschen übrig (Voss et al, 2011).

3.4.1 Sport und körperliche Fitness

In jüngeren Publikationen wird auf die von Voss angesprochene Problematik bereits eingegangen. So veröffentlichten Carvalho und Kollegen in 2014 die Resultate einer Metaanalyse, die auf 27 Studien mit definierten Einschlusskriterien basierte: Berücksichtigt wurden kontrollierte Studien mit mindestens 30 Studienteilnehmern und einer mindestens 6-monatigen Nachbeobachtungszeit sowie Beobachtungsstudien mit mindestens 100 Teilnehmern und mindestens einjährigem Follow-up. In 26 dieser Studien wurde eine positive Korrelation zwischen körperlicher Aktivität und Erhaltung bzw. Besserung der kognitiven Funktion bestätigt; lediglich in einer Studie wurde keine signifikante Korrelation gefunden. Darüber hinaus wurde in fünf Studien eine dosisabhängige Beziehung zwischen der körperlichen Aktivität und der Besserung der Kognition bestätigt. Die Autoren heben hervor, dass diese Beobachtungen auch für ältere Menschen zutreffen; allerdings sei noch nicht geklärt, mit welcher konkreten Sportart die günstigsten Resultate zu erzielen seien (Carvalho et al, 2014). In Schweden lief in den Jahren 1968 – 2005 eine populationsbasierte Kohortenstudie mit über 1,1 Million 18-jährigen Wehrpflichtigen. Ziel der Studie war es, festzustellen, ob die kardiovaskuläre Fitness und/oder die kognitive Performanz des Einzelnen im Alter von 18 Jahren einen prädiktiven Wert bezüglich des Risikos einer Early-

Onset-Alzheimer Krankheit oder leichter kognitiver Beeinträchtigungen im späteren Lebenslauf haben. Es zeigte sich, dass bei Rekruten mit geringer kardiovaskulärer Fitness das Risiko einer Early-Onset Demenz siebenfach, bei einem schlechtem Kognitions-Testergebnis im Alter von 18 Jahren achtfach erhöht ist im Vergleich zur jeweils besten Tertile. Mangelnde körperliche Fitness und schlechte kognitive Leistung im jungen Alter stellen demzufolge ein hohes Risiko für eine Early-Onset Demenz dar, insbesondere, wenn beides gleichzeitig zutrifft (Nyberg et al, 2014).

3.5 Physiologische Faktoren, die den Wirkungen von Sport zugrunde liegen

Die Frage nach dem Mechanismus, welcher den Wechselwirkungen zwischen körperlicher Aktivität und kognitiven Fähigkeiten zugrunde liegt, beschäftigt Sportmediziner und Neurologen schon seit längerem. Wie im Kapitel 2.4 - „Auswirkungen körperlicher Aktivität auf den Organismus“ schon erwähnt verdichten sich in jüngster Zeit verdichten sich Hinweise darauf, dass dem Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF) eine entscheidende Mediatoren-Rolle zukommen könnte.

3.5.1 Der Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF)

Unlängst berichteten Griffin und Kollegen, dass eine kurze, intensive aerobe Belastung (Radfahren auf dem Ergometer) bei jungen Männern die Ergebnisse des Face-Name-Matching Task, nicht jedoch des Stroop-Tests, verbessert. Die beobachteten Veränderungen der Testresultate wurden von einem Anstieg des peripheren BDNF-Spiegels, nicht jedoch des IGF-1 (insulin-like growth factor-1), begleitet. Nach 3-wöchigem aerobem Training stellten sich bei den Probanden keine Veränderungen ein, doch nach einem 5-wöchigen Training waren die kardiovaskuläre

Fitness, die kognitiven Leistungen sowie die peripheren BDNF-Spiegel angestiegen. Die Autoren resumieren, dass sowohl akute, als auch chronische körperliche Aktivität die Funktion des medialen Temporallappens verbessert. Dieser Effekt werde möglicherweise über den BDNF vermittelt (Griffin et al, 2011). Ähnliches vermuten Sportwissenschaftler aus Südkorea. Sie beobachteten eine Besserung stress-induzierter kognitiver Beeinträchtigungen unter dem Einfluss körperlicher Aktivität. Die Autoren führen dies auf eine Aktivierung des BDNF-Signalweges sowie auf eine Detoxifikation reaktiver Oxygen-Spezies (ROS) zurück (Kwon et al, 2013). US-amerikanische Psychologen untersuchten bei gesunden jungen Erwachsenen die Serumkonzentrationen von BDNF, Kortisol, IGF-1 und VEGF (vascular endothelial growth factor), die aerobe Kapazität und die Wiedererkennung (recognition memory). In der Regressionsanalyse wurden Beziehungen zwischen den peripheren BDNF-Werten, der kardiovaskulären Fitness und der Wiedererkennung bestätigt, während der IGF-1 lediglich mit der kardiovaskulären Fitness, nicht jedoch mit der Wiedererkennung positiv korrelierte (Whiteman et al, 2014). Phillips und Kollegen veröffentlichten kürzlich ihre Beobachtung, dass bei Muskelarbeit Myokine freigesetzt werden, welche die Expression und die Synthese des BDNF im Gyrus dentatus des Hippokampus beeinflussen. Körperliche Aktivität verändere demnach das „Trophic Signaling“ und somit auch neuronale Funktionen und Strukturen gerade in jenen Hirnarealen, die für die Kognition von entscheidender Bedeutung sind (Phillips et al, 2014). Geht man von einer maßgeblichen Rolle des BDNF bei der Vermittlung der Wechselwirkungen zwischen körperlicher Aktivität und Kognition aus, könnten genetische Varianten des BDNF-Gens individuelle Unterschiede im Ansprechen auf aerobe körperliche Aktivität erklären. Es ist bekannt, dass ein Single-Nucleotid-Polymorphismus im Codon 66 (Val→Met) mit einer Beeinträchtigung spezifischer kognitiver Funktionen einhergeht. Diesen Aspekt haben Nascimento und Kollegen in ihrer Studie berücksichtigt: Ältere Probanden mit leichter kognitiver Beeinträchtigung (MCI) wurden einem 16-wöchigen sportlichen Training unterzogen; zuvor wurde bei allen Studienteilnehmern der BDNF-

Genotyp festgestellt. Nach Ablauf der Trainingsphase wurde bei allen trainierten Probanden eine signifikante Besserung der kognitiven Funktionen festgestellt – ungeachtet des BDNF-Genotyps. Interessant war jedoch, dass nur bei Probanden mit dem BDNF-Wild-Typ gleichzeitig auch signifikante Steigerungen der BDNF-Spiegel im Blut festzustellen waren. Die Autoren folgern daraus, dass der Genotyp die Auswirkungen der körperlichen Aktivität auf die Sekretion des BDNF moduliert, die Besserung der Kognition unter Einfluss aerober körperlicher Aktivität jedoch nicht direkt beeinflusst (Nascimento et al, 2014).

3.5.2 ... und andere Faktoren

Auch andere Wachstumsfaktoren wurden auf ihre Rolle bei der Vermittlung des Effekts sportlicher Aktivität auf die Kognition geprüft. So analysierten Vital und Kollegen die Resultate von zehn Studien, die sich mit der Frage befassten, ob körperliche Aktivität die Serumwerte des vaskulären endothelialen Wachstumsfaktors (VEGF) bei über 60-jährigen Probanden beeinflusst. Die Ergebnisse der Auswertung waren uneinheitlich: In vier Studien wurde bestätigt, dass körperliche Aktivität die VEGF-Spiegel steigert, in sechs Studien wurde ein gegenteiliges Resultat erzielt. Die Autoren schlussfolgern, dass aufgrund bisheriger Erkenntnisse zumindest bei älteren Menschen nicht beurteilt werden kann, ob körperliche Aktivität die VEGF-Spiegel beeinflusst oder nicht (Vital et al, 2014). Hillman und Kollegen äußerten die Vermutung, dass akutes aerobes Training die neuroelektrischen Prozesse ändert, die der exekutiven Kontrolle zugrunde liegen (Hillman et al, 2003). In einer Übersichtsstudie befassen sich die Autoren unter anderem mit zellulären und molekularen Grundlagen der positiven Auswirkungen körperlicher aerober Aktivität auf die Gehirnfunktion (Hillman et al, 2008). Pietrelli und Kollegen gehen davon aus, dass an den günstigen Auswirkungen aerober körperlicher Aktivität auf die Kognition der Stickstoffkreislauf beteiligt sein könnte (Pietrelli et al, 2011). Guiney und Kollegen stellten in ihrer Studie mit 55 jungen gesunden Erwachsenen fest, dass Besse-

rungen der Kognition nach aerober körperlicher Aktivität signifikant mit einer verbesserten Regulierung der zerebralen Durchblutung einhergehen (Guiney et al, 2014). Wie der dargebotenen kleinen Übersicht aktueller einschlägiger Veröffentlichungen zu entnehmen ist, konnte der exakte Mechanismus, der den günstigen Auswirkungen aerober körperlicher Aktivität auf die kognitive Funktion zugrunde liegt, bislang noch nicht abschließend geklärt werden, wenn auch eine näher noch nicht verstandene Rolle des BDNF in diesem Zusammenhang nicht auszuschließen ist.

3.6 Phylogenetische Verankerung

Wechselwirkungen zwischen körperlicher Aktivität und kognitiven Fähigkeiten des Individuums sind phylogenetisch bedingt. Dies wird durch die Tatsache belegt, dass körperliche Aktivität nicht nur beim Menschen, sondern auch bei Tieren eine Steigerung der kognitiven Fähigkeiten zur Folge hat (Pietrelli et al, 2011). Diese Erkenntnis führte dazu, dass bestimmte Fragestellungen – insbesondere jene nach dem Mechanismus der Wechselwirkungen zwischen körperlicher Belastung und Kognition – auch im Rahmen von Tierexperimenten untersucht werden. Am häufigsten werden hierzu geeignete Modelle bei Ratten und Mäusen verwendet. So berichteten Wang und Kollegen über die Besserung von Kognition und Angstzuständen bei Mäusen nach aerober körperlicher Belastung (Laufen im Laufrad); gleichzeitig untersuchten die Autoren einige biochemische Faktoren, die diesen Wechselwirkungen zugrunde liegen könnten (Wang et al, 2014). Ein Forscherteam um Garcia-Mesa prüfte die Rolle des BDNF an einem Maus-Modell. Die Resultate der Studie weisen – ähnlich wie die bereits erwähnten Untersuchungen an Menschen – darauf hin, dass dem BDNF bei der durch körperliche Aktivität vermittelten Neuroprotektion eine zentrale Rolle zukommen könnte (Garcia-Mesa et al, 2014). Kim und Mitarbeiter untersuchten an einem Rattenmodell der Alzheimer Krankheit die Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die Neurogenese sowie die Expression des BDNF (Kim

et al, 2014). Ähnliches haben Garcia Mesa und Kollegen an einem vergleichbaren Maus-Modell geprüft (Garcia Mesa et al, 2014). An einem Rattenmodell beobachteten französische Forscher, dass nach intensiver physischer Belastung im Gehirn höhere BDNF-Spiegel gemessen wurden als nach geringer körperlicher Aktivität. Die Veränderungen der BDNF-Werte konnten durch Okklusion der Halsschlagader (A. carotis) aufgehoben werden. Dieser Umstand weist darauf hin, schlussfolgern die Autoren, dass körperliches Training die zerebrale Hämodynamik beeinflussen/ändern kann (Banoujaafar et al, 2014). Chinesische Forscher gingen in einem Tierexperiment (an Ratten) der Frage nach, ob das Uncoupling Protein-2 (UCP-2) an den Wechselwirkungen zwischen körperlicher Aktivität und Kognition beteiligt sein könnte. Dieses Protein ist reichlich im Gehirn exprimiert und hat eine wichtige Rolle in der Neuroprotektion. Die Resultate zeigten, dass das UCP2 im Hippocampus zwar unverzichtbar für die kognitive Funktion, jedoch am Effekt körperlicher Belastung auf die Kognition nicht direkt beteiligt ist (Wang et al, 2014). In einem Rattenmodell wurde auch der intersexuelle Unterschied, der bei den Wechselwirkungen zwischen aerober körperlicher Aktivität und kognitiven Leistungen bereits in 2003 von Colcombe und Kramer erwähnt wurde, bestätigt (Colcombe et Kramer, 2003): Weibliche und männliche Ratten wurden einem Rehabilitationsprogramm zugeführt, bestehend aus aerober physischer (Laufrad) und kognitiver Aktivität (modifiziertes Hebb-Williams-Labyrinth). Die Resultate der Studie zeigten, dass das Trainingsprogramm bei den weiblichen Versuchstieren weder die Kognition noch das histopathologische Outcome beeinflusst – im Unterschied zu den männlichen Ratten. Die Autoren fordern aufgrund dieser Resultate, in präklinischen Studien beide Geschlechter zu berücksichtigen

3.7 Effekt körperlicher Aktivität auf die Kognition - eine Frage des Alters?

3.7.1 Sport und Kognition bei jungen Erwachsenen

1.7.1. Sport und Kognition bei jungen Erwachsenen Während Voss et al im Jahre 2011 über mangelnde Fokussierung der Sportmedizin auf ältere Menschen monierten (Voss et al, 2011), klagte ein Jahr später Pluncevic genau über das Gegenteil: Junge Erwachsene seien bei den Untersuchungen zu Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die Kognition nicht ausreichend vertreten (Pluncevic, 2012). Spätestens seit dem Jahr 2014 sieht man sich jedoch mit einer wahren Flut einschlägiger wissenschaftlicher Publikationen zu diesem Thema konfrontiert. Zu Recht – denn wie Pluncevic in seinem Beitrag hervorhebt, bliebe bei jungen Menschen, insbesondere beim Wechsel vom Studium in das Berufsleben, die sportliche Aktivität häufig auf der Strecke, was negative Auswirkungen auf die kognitiven Leistungen haben kann. Nachfolgend wird ein kurzer Überblick über die jüngsten Erkenntnisse zu diesem Thema, bezogen speziell auf junge Erwachsenen, geboten: Allgemein günstiger Einfluss: Günstige Auswirkungen aerober körperlicher Aktivität auf kognitive Funktionen speziell bei jungen Erwachsenen wurden wiederholt bestätigt (Padilla et al, 2013, Guiney et Machado, 2013, Padilla et al, 2014). Li et al, 2014; Coles et Tomporowski, 2008). Aerobe Aktivität vs. Krafttraining: Einen Vergleich der Auswirkungen aerober Übungen und Krafttrainings nahmen Pontifex und Kollegen vor: Sie verglichen bei jungen Erwachsenen die Resultate des Sternberg-Working Memory Task direkt im Anschluss an eine 30-minütige aerobe Aktivität oder eine ebenso lange dauernde Kraftübung; ein zweites Mal wurde der Test eine halbe Stunde nach Abschluss der Trainings-Session vorgenommen. Bei den Teilnehmern der Aerobic-Gruppe wurden beide Male kürzere Reaktionszeiten gemessen, wobei deutlichere Senkungen der Reaktionszeit insbesondere bei solchen Aufgaben zu verzeichnen war, die eine Steigerung der Working-Memory-Kapazität erforderten. Beim Krafttraining

wurden keine Veränderungen der Reaktionszeit ermittelt (Pontifex et al, 2009). Kurze Trainingszeit: Wissenschaftler aus Taiwan berichten, dass schon eine einzelne, nur 10 Minuten dauernde Trainingssession bei mäßiger körperlicher Belastung (ca 65% der maximalen Herzschlagfrequenz, jeweils 5-minütige Aufwärm- bzw. Abkühlphase) die kognitive Funktion bei jungen Männern (im Strooop-Test) verbessert. Kürzere oder längere Trainingszeiten hätten keine nennenswerten Wirkungen (Chang et al, 2014). Körperliche Fitness: Guiney und Kollegen gingen der Frage nach, ob bei jungen Menschen, die auf der Höhe ihrer kognitiven Fähigkeiten sind, durch aerobe körperliche Aktivität noch weitere Verbesserungen der Kognition möglich sind. In ihrer Studie mit 55 gesunden jungen Erwachsenen untersuchten sie neben der kognitiven Leistungsfähigkeit (Inhibition und Switching) auch die habituelle physische Aktivität, aerobe Fitness und die Regulierung des zerebralen Blutflusses. Die multiple Regressionsanalyse ergab, dass häufige sportliche Betätigung auch in dieser Probandengruppe mit einer besseren zerebralen Durchblutung sowie mit einer besseren inhibitorischen Kontrolle korreliert (Guiney et al, 2014). Chronische vs. akute aerobe körperliche Aktivität: Hopkins und Kollegen aus den USA prüften den Effekt aerober körperlicher Aktivität auf die Kognition bei gesunden, jungen Probanden; neben den Auswirkungen auf die Kognition untersuchten sie auch Veränderungen von Angst- bzw. Stresssymptomen. Alle Probanden wurden auf den genetischen BDNF-Polymorphismus (Val-Val oder Val66Met) typisiert. Es wurden der NOR-Gedächtnistest (Novel Object Recognition) und eine Reihe psychologischer Tests durchgeführt. Positive Veränderungen fanden sich nur bei Probanden, die vier Wochen lang und auch am Testtag trainierten und gleichzeitig homozygot für das BDNF-Gen waren. Bei Probanden, die ebenfalls vier Wochen – jedoch nicht am Testtag – trainierten, sowie bei Probanden, die – einmalig – nur am Testtag trainiert haben, wurden keine Veränderungen gefunden. Dieser Beobachtung ist zu entnehmen, dass die Met-Allele des BDNF-Gens den Effekt körperlicher Aktivität auf die Kognition sowie auf einige psychologische Merkmale schwächt, resumieren die Autoren (Hopkins et al., 2012). Der in

dieser Studie fehlende Effekt der akuten körperlichen Belastung überrascht und steht in Widerspruch zu Resultaten, die von einer Reihe anderer Autoren veröffentlicht wurden. Die nicht vorhandene Auswirkung der körperlichen Aktivität in der Gruppe, die vier Wochen (ohne Testtag) trainierte, könnte dagegen ein Hinweis darauf sein, dass der Effekt des vierwöchigen Trainings in dieser Gruppe junger Probanden bereits nach eintägiger Unterbrechung des Trainings nicht mehr vorhanden war.

Akute körperliche Aktivität: Indische Forscher untersuchten bei zehn gesunden jungen Männern im durchschnittlichen Alter von 19,5 Jahren die Auswirkungen einer halbstündigen körperlichen Belastung bei 60% - 70% der maximalen Herzschlagfrequenz (Radfahren auf dem Ergometer) anhand insgesamt acht verschiedener Kognitionstests. Signifikante Verbesserungen wurden bei den Resultaten des Paired Associates (Gedächtnis), Odd One Out (Reasoning) und des Spatial Slider-Tests (Planing) verzeichnet, während bei der Konzentrationsfähigkeit keine signifikante Verbesserung festgestellt wurde. Die Autoren schlussfolgern, dass bereits eine einmalige körperliche Belastung bei mäßiger Intensität und von nur 30-minütiger Dauer einige Aspekte der Kognition verbessern kann (Nanda et al, 2013;). Diese Resultate stehen im Widerspruch zu den soeben erwähnten Resultaten von Hopkins und Kollegen (Hopkins et al, 2012), die nach einmaligem Training keine Beeinflussung der Kognition feststellen konnten.

Anatomische Zuordnung: Baym und Kollegen beobachteten, dass bei jungen Erwachsenen die aerobe Fitness positiv mit der „rational memory performance“, nicht jedoch mit der „item memory performance“ korrelierte. Dem sei zu entnehmen, dass die günstigen Auswirkungen der aeroben Fitness selektiv die Hippokampusfunktion beeinflusse und nicht den umgebenden „medial temporal lobe cortex“, stellen die Autoren fest (Baym et al, 2014).

Passive Muskelbewegung: Eine interessante Beobachtung beschrieben niederländische Wissenschaftler: Sie stellten in einer Studie mit 112 jungen Probanden (im Schnitt 20,5 Jahre) fest, dass selbst eine passive Vibration des Körpers (zwei Minuten Sitzen auf einer vibrierenden Plattform) eine hoch signifikante Besserung ($p < 0,09$) des CWIT (Stroop-Color-Word-Interference) und

des SDS (Stroop Difference Score, $p = 0,034$) herbeiführten. Diese Resultate belegen, dass passive Ganzkörper-Vibration einen positiven Einfluss auf die Aufmerksamkeit und auf die Inhibition bei jungen Erwachsenen hat (Regterschot et al, 2014).

3.7.2 Junge und alte Probanden im Vergleich

An einem kleinen Probandenkollektiv (12 ältere und 12 jüngere Erwachsene) stellten Kamijo und Kollegen fest, dass die Resultate eines modifizierten Flanker-Tests vor und nach leichter bzw. mäßiger körperlicher Belastung in beiden Altersgruppen auf vergleichbare Weise verbessert waren. Die Autoren schließen daraus, dass bei Erwachsenen – ungeachtet des Alters – leichte bis mäßige körperliche Aktivität die kognitive Funktion steigere (Kamijo et al, 2009). Lucas und Kollegen aus Neuseeland prüften den Effekt körperlicher Belastung unterschiedlicher Intensität (Ergometer bei 30% und 70%) bei 13 jungen und 9 älteren Probanden. Während und nach der Belastung sowie in der Ruhepause wurde der Stroop-Test durchgeführt. Während des Radfahrens besserten sich – ungeachtet des Alters – die Resultate sowohl bei leichten als auch bei schweren Tests, dabei war bei 70%-iger Belastung eine deutlichere Besserung zu verzeichnen. Fazit der Autoren: Ungeachtet des Alters war die exekutive Funktion während der körperlichen Aktivität verbessert (Lucas et al, 2012). Hogan und Kollegen stellen in ihrer Studie mit 144 Probanden im Alter von 19 bis 93 Jahren fest, dass selbst Übungen von nur 15-minütiger Dauer (hier: stationäres Radfahren auf dem Ergometer) günstige Auswirkungen sowohl auf die affektive Erfahrung als auch auf die kognitive Performanz haben – unabhängig vom Alter. (Hogan et al, 2013). Ein internationales Forscherteam unter der Federführung von Bielak veröffentlichte die Resultate einer achtjährigen Beobachtungsstudie mit insgesamt 6.869 Probanden, die in drei Alterskategorien eingeteilt wurden: 20 – 24 Jahre, 40 – 44 Jahre und 60 – 64 Jahre (zu Beginn der Studie). Die Studienteilnehmer wurden im Laufe der Studie dreimal einer körperlichen Belastung und kognitiven Tests unterzogen. Die Au-

toren berichten, dass bei körperlich aktiven Erwachsenen initial höhere kognitive Fähigkeiten gemessen wurden; dieser Vorteil blieb über Jahre hinweg erhalten. Physische Fitness scheint demnach ein ideales Instrument für die Prädiktion der Kognition über die Alterskategorien hinweg zu sein (Bielak et al, 2014). Boucard und Kollegen untersuchten insgesamt 123 Probanden, die ebenfalls drei Alterskategorien zugeteilt wurden – 63 junge Erwachsene (18-28 Jahre), 30 „junge Alte“ (60-70 Jahre) und 30 alte Probanden (71-81 Jahre). Die aerobe Fitness der Studienteilnehmer wurde anhand des VO₂max beurteilt; die exekutive Funktion anhand dreier verschiedener Tests gemessen. Die Autoren konnten nur in der ältesten Probandengruppe einen signifikanten Einfluss der körperlichen Aktivität auf die Inhibition nachweisen, der – wie die statistische Analyse zeigte – auf die höhere aerobe Fitness der aktiven Probanden zurückzuführen war (Boucard et al, 2012). Die von Boucard und Kollegen präsentierten Ergebnisse weichen deutlich von den Resultaten der meisten in den letzten Jahren veröffentlichten Studien mit gleicher Fragestellung ab. Auf eine mögliche Erklärung der widersprüchlichen weisen indische Forscher hin: Weder für Protokolle der Trainings-Sessions noch für angewendeten Tests der kognitiven Funktion bestehen einheitliche Kriterien, so dass unterschiedliche Resultate mit hoher Wahrscheinlichkeit auch auf diesen Umstand zurückgeführt werden können (Nanda et al, 2013). Eine weitere mögliche Erklärung dafür, dass die Effekte der körperlichen Aktivität auf kognitive Funktionen bei jüngeren Menschen nicht bzw. nicht signifikant ausgeprägt sind, könnte das Konzept der so genannten „kognitiven Reserve“ liefern. Demnach hätten junge Erwachsene häufig ihr optimales bzw. maximales Niveau der kognitiven Fähigkeiten bereits erreicht, so dass bei ihnen signifikante Steigerungen nicht zu erwarten seien, während die kognitive Reserve im Alter einen Schutz vor dem Abbau kognitiver Fähigkeiten biete (Bialystok et al, 2012). Allerdings widersprechen dieser Erklärung die zahlreichen, teils auch an dieser Stelle erwähnten Studien, in denen einerseits keine altersabhängigen Unterschiede in der Auswirkung körperlicher Aktivität auf die Kognition festgestellt wurden, andererseits bereits von anderen

Autoren belegt wurde, dass bei jungen Menschen sehr wohl eine weitere Steigerung der kognitiven Fähigkeiten möglich ist.

3.7.3 Körperliche Aktivität und Kognition bei älteren Menschen

Einige Autoren haben sich ausschließlich auf Studien mit älteren und alten Probanden konzentriert. Allerhand und Kollegen haben festgestellt, dass körperliche Aktivität die kognitiven Fähigkeiten in höherem Alter vor negativen Einflüssen schützt und das Wohlbefinden der Betroffenen steigert, das Risiko von Gebrechlichkeit reduziert und das Überleben verlängert (Allerhand et al, 2014). Auch Tolppanen und Kollegen bestätigen den günstigen Effekt körperlicher Aktivität auf die Kognition bei älteren Menschen; allerdings könne dies auch auf persönliche Merkmale zurückgeführt werden. So stellten die Autoren an 1.511 Probanden (durchschnittliches Alter 78,8 Jahre) in einer 28-Jahre dauernden Follow-up-Studie fest, dass Probanden, die im mittleren Alter in ihrer Freizeit nur wenig körperlich aktiv waren, ein höheres Risiko für Demenz bzw. Alzheimer-Krankheit als jene, die in ihrer Lebensmitte intensiv Freizeitsport betrieben haben. Dieser Effekt war bei Männern, bei Übergewichtigen und bei Nicht-Trägern der APOE ϵ 4-Allele deutlicher ausgeprägt. Die Autoren schlussfolgern, dass eine Demenz-Prävention durch körperliche Aktivität auch im höheren Alter möglich ist (Tolppanen et al, 2014). Eine interessante Beobachtung veröffentlichten Vailant und Kollegen. Sie untersuchten Faktoren, die auf den Menschen im Laufe seines Lebens einwirken, und prüften an Probanden im Alter von 80, 85 und 90 Jahren – alles männliche Harvard-Abgänger – den kognitiven Status. Sie stellten fest, dass die allgemein als Risikofaktoren für die Alzheimer Krankheit angesehenen Lebensumstände 20 Jahre vor der Alzheimer-Diagnose noch keinen Unterschied zwischen den innerhalb der nächsten zwei Dekaden an Alzheimer Erkrankten und den gesund gebliebenen Probanden erkennen lassen. Lediglich drei Faktoren waren bei dementen und nichtdementen Studienteilnehmern schon zwei

Jahrzehnte vor der Alzheimer-Diagnosestellung unterschiedlich: a) eine innige Beziehung zur Mutter im Kindesalter; b) körperliche Aktivität im Alter von 60 Jahren und c) eine höhere schulische Bildung der Mutter (!). Auch in dieser Studienanordnung hat die körperliche Aktivität daher – insbesondere im Alter – einen entscheidenden Stellenwert (Vaillant et al., 2014).

3.8 Körperliche Aktivität als Therapie?

Es mehren sich wissenschaftliche Belege dafür, dass körperliche Aktivität auch bei unterschiedlichen Krankheitsbildern eine sinnvolle Maßnahme zur Erhaltung bzw. Besserung der kognitiven Leistungen ist. So stellten Erickson und Kollegen fest, dass das Volumen der grauen Substanz im Präfrontalkortex und im Hippocampus bei kardiorespiratorisch fiten, älteren Personen in der Regel höher ist. Körperliche Aktivität gehe demnach mit einem größeren Volumen grauer Substanz in den gleichen Regionen einher, die mit kardiorespiratorischer Fitness assoziiert sind. Das Volumen des Präfrontalkortex und des Hippokampus bleibe auch im höheren Alter anpassungsfähig und spreche auf mäßige körperliche Belastung von einer Dauer von 6 bis 12 Monaten an. Körperliche Aktivität scheint daher eine vielversprechende Methode zur Beeinflussung des Volumens der grauen Masse bei älteren Menschen zu sein (Erickson et al, 2014). Nascimento und Kollegen berichteten, dass die kognitiven Fähigkeiten bei Patienten mit leichter kognitiver Beeinträchtigung (mild cognitive impairment, MCI) nach 16-wöchigem Training verbessert waren (Nascimento et al, 2014). Bei Patienten mit Multipler Sklerose (MS) wurde ein positiver Einfluss körperlicher Aktivität auf die Kognition bestätigt, insbesondere bei jenen mit leichteren MS-bedingten Behinderungen (Sandroff et al 2014). In einer anderen Studie mit 88 MS-Patienten konnte belegt werden, dass sich nach 12 Wochen regelmäßigen Radfahrens (Ergometer) eine signifikante Besserung der exekutiven Funktion einstellte (Beier et al., 2014). Belgische Wissenschaftler berichteten, dass körperliche Aktivität eine Vielzahl günstiger Veränderungen bei erwach-

senen Demenzkranken auslöste, eine Korrelation der kognitiven Fähigkeiten mit der körperlichen Aktivität konnte jedoch nicht gefunden werden (Stubbs et al, 2014). Bei Alzheimer Patienten wurden dagegen bei regelmäßiger körperlicher Aktivität (Radfahren) positive Auswirkungen bestätigt: Die Symptom-Skalen blieben auf die Dauer von einem halben Jahr stabil und die psychische Belastung der pflegenden Angehörigen nahm signifikant um 40% ab ($p < 0.05$) (Yu et al, 2013). Ähnliches berichten auch Arcoverde und Kollegen: Sie stellten bei Alzheimer Patienten mit leichter Demenz fest, dass nach 16-wöchiger körperlicher Aktivität (Laufband, zweimal wöchentlich für 30 Minuten) im Cambridge Cognitive Examination-Test (CAMCOG-Test) und auch im Stroop-Test eine Besserung zu verzeichnen war, während sich in der Kontrollgruppe die Kognition weiterhin verschlechterte (Arcoverde et al, 2014). Die günstigen Auswirkungen körperlicher Aktivität bei der Alzheimer Krankheit konnten auch im Tiermodell reproduziert werden: Kim und Kollegen belegten an einem Rattenmodell der Alzheimer Krankheit (nach intracerebroventrikulärer Injektion von A β 25-35), dass körperliche Aktivität (am Laufrad) sowohl die Kognition als auch die Neurogenese und die Expression des BDNF steigerte. Diese Beobachtung sei, so die Autoren, auch von potenziellem therapeutischem Nutzen (Kim et al, 2014). Über beeindruckende positive Auswirkungen körperlicher Aktivität wurde auch bei jungen Erwachsenen mit geistiger Behinderung berichtet: 14 Probanden (durchschnittliches Alter 19,4 Jahre) mit leichter bis mäßiger geistiger Behinderung führten über acht Wochen hinweg ein umfassendes sportliches Programm mit einer Belastung bei 60-70% der maximalen Herzschlagfrequenz durch. Die Auswirkungen auf die kognitiven Fähigkeiten wurden anhand des Woodcock-Johnson III Test geprüft. In allen drei Tests wurden nach der körperlichen Aktivität signifikante Besserungen erzielt ($p < 0.002$) (Pastula et al, 2012).

3.9 Einfluss von Dauer und Intensität des Trainings

Huertas und Kollegen prüften den Einfluss von drei verschiedenen Formen körperlicher Belastung auf das Alerting- Orienting- und das exekutive Kontrollnetzwerk. Die Probanden – trainierte Radfahrer – wurden anhand des ANT-Tests einmal in der Ruhephase, einmal während leichter körperlicher Aktivität und einmal während einer intensiven körperlicher Belastung untersucht. Die Resultate bestätigten, dass während der körperlichen Belastung die Reaktionszeit im Vergleich zur Ruhephase beschleunigt und den Alerting Effekt reduziert war. Die Netzwerke Orienting und exekutive Kontrolle waren jedoch durch die Anstrengung nicht beeinflusst wurden. Einigermassen überraschend ist die Feststellung der Autoren, dass der ANT-Test während der leichten bzw. der intensiven körperlichen Belastung keinen Unterschied ergab. Huertas und Kollegen schlussfolgern, dass auch leichte körperliche Aktivität durch Steigerung der tonischen Vigilanz die Funktion der phasischen Alertness moduliert (Huertas et al, 2011). Unter chronischer körperlicher Aktivität wird eine regelmäßige, über mehrere Jahre hinweg ausgeübte sportliche Betätigung angesehen (Perez et al, 2014). Es sei anzunehmen, dass anhaltende Veränderungen der Hirnfunktion im Sinne der Schaffung einer ‚kognitiven Reserve‘ am ehesten durch chronische körperliche Aktivität zu erreichen seien. Dishman und Kollegen gehen davon aus, dass chronische körperliche Aktivität nicht nur die exekutive Funktion der Kognition günstig beeinflusst, sondern auch eine Adaptation des zentralen Nervensystems zur Folge hat. Dies könnte von großer Bedeutung sowohl für die Vorbeugung, als auch für die Therapie verschiedener neurologischer und nicht-neurologischer Erkrankungen sein – etwa bei der Parkinson- und Alzheimerkrankheit, aber auch bei Depressionen, Adiposität und Krebs (Dishman et al, 2006). Belastbare Daten fehlen jedoch bislang. Lambourne und Tomporowski stellten in einer Metaanalyse eine leichte Verschlechterung der Kognition während akuter körperlicher Belastung fest, allerdings nur im Laufe der ersten

20 Minuten des Trainings. Anschließend wurde eine Steigerung der kognitiven Performanz beobachtet, die auch nach der Trainingssession anhielt. Allerdings wurden Unterschiede in Abhängigkeit von der Art der Belastung beobachtet: Radfahren steigerte die Leistung während und nach der Intervention, während das Laufen auf dem Laufband die Kognition während der Übung verschlechterte und nach der Übung nur leicht steigerte. Diese Erkenntnisse weisen darauf hin, dass die Art der körperlichen Aktivität die Resultate beeinflussen kann (Lambourne et Tomporowski, 2010). Akute körperliche Belastung (hier Radfahren bei 40, 60 und 80% des peak-power-outputs – PPO) wurde in Beziehung zu den Resultaten der exekutiven Komponente des Stroop-Tests gesetzt (Labelle et al, 2014). Es zeigte sich, dass – unabhängig vom Alter der Probanden – eine mäßige bis starke Belastung (60 – 80% PPO) die exekutiven Kontrolle des Stroop-Tests verschlechtern kann, insbesondere bei Probanden, deren Fitness nicht besonders hoch war. Das Alter spielte bei den Auswirkungen der akuten kardiovaskulären Belastung auf die Kognition keine Rolle (Labelle et al, 2014). Chang und Kollegen berichten über die Auswirkungen akuter Kraftübungen auf die Kognition. Untersucht wurden 30 Erwachsene (durchschnittliches Alter 58,1 Jahre); es wurden fünf unterschiedliche Stroop-Tests vor und nach einer einzelnen Kraftübung angewendet. Die Autoren stellten eine im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant gesteigerte Performanz über alle Stroop-Tasks hinweg ($p < 0.001$) fest. Die besten Auswirkungen hatten die Übungen auf die exekutive Kontrolle (Chang et al, 2014). Wissenschaftler aus Kanada berichteten, dass kurzzeitige körperliche Aktivität im Vergleich zur Langzeit-Aktivität häufig intensivere Auswirkungen auf die Kognition hat (Hatchard et al, 2014). Hochintensives Intervalltraining wird von einigen Autoren als zeitsparende Alternative zum klassischen kardiorespiratorischen Training angesehen. Die Autoren untersuchten die Auswirkungen einer akuten hochintensiven Session: 10 Minuten bei 80% der maximalen Herzschlagfrequenz, unterbrochen durch eine Minute Ergometer-Radeln bei 60% der Herzschlagreserve. Zur Studie wurden 22 gesunde Probanden im durchschnittlichen Alter 53.7 Jahre herange-

zogen. Vor und nach den Training-Sessoinen wurde die Victoria-Version des Stroop-Tests und der Digit Span-Test durchgeführt. Die Autoren stellen eine signifikante Besserung des Stroop „color word“-Tests nach körperlicher Belastung fest, während andere Subaufgaben des Stroop-Tests unverändert geblieben sind. Die Autoren schlussfolgern, dass eine hochintensive Session die kognitiven Funktionen steigern kann (Alves et al, 2014).

3.10 Fazit

Der Einfluss körperlicher Aktivität (in der Regel aerober Sportarten wie Radfahren oder Joggen) auf die kognitive Funktion kann mit einer Reihe verschiedener Tests gemessen werden. Die Literatur zu diesem Thema ist umfangreich, dennoch mangelt es an belastbaren Daten bezüglich einzelner Teilaspekte. So berichtet eine Reihe von Autoren über günstige Auswirkungen aerober körperlicher Betätigung auf die Kognition (siehe Kapitel 1.4) – trotz unterschiedlicher Trainingsprotokolle bzw. kognitiver Tests. Der Mechanismus, der den Wechselwirkungen zwischen körperlicher Aktivität und Kognition zugrunde liegt, ist noch nicht bekannt – es wird eine Rolle des BDNF in Betracht gezogen, es liegen hierzu jedoch noch keine belastbaren Daten vor. Eine der am häufigsten gestellten Fragen ist die Frage, ob der positive Einfluss körperlicher Aktivität vom individuellen Alter abhängt. In einer Metaanalyse wurden dosisabhängige Besserungen der Kognition durch körperliche Aktivität über die Alterskategorien hinweg festgestellt (Carvalho et al., 2014); entscheidend für eine günstige Wirkung der körperlichen Aktivität auf die Kognition scheint die individuelle kardiovaskuläre Fitness zu sein. In diversen Studien, die sich mit Probanden aller Alterskategorien befassten, wurde beobachtet, dass bezüglich der Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit keine Unterschiede zwischen jungen und alten Probanden zu beobachten sind. In unserer kleinen Literaturlauswahl wurde nur einmal festgestellt, dass solche Auswirkungen auf die älteste Probandengruppe beschränkt war (Boucard et al,

2012). Erfreulich sind Berichte über unerwartet günstige Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei Patienten mit kognitiven Beeinträchtigungen sowie bei Alzheimer-Patienten. Diese Erkenntnisse lassen auf sinnvolle therapeutische Nutzung regelmäßiger körperlicher Aktivität auch in der klinischen Praxis hoffen.

3.10.1 Junge Erwachsene

Eine Reihe von Studien befasste sich speziell mit jungen Erwachsenen. Es werden vielfach die gleichen positiven Einflüsse der körperlichen Aktivität auf die Kognition bestätigt, wie sie auch in Studien an älteren oder Alten Probanden gefunden wurden. Es liegen Hinweise darauf vor, dass – insbesondere bei jungen Erwachsenen – akutes aerobes Training die kognitive Leistung deutlich fördert und im direkten Vergleich der Wirkung von Krafttraining – bei gleicher Dauer – überlegen ist. In einer Studie an Probanden mittleren Alters wurde jedoch auch die Eignung akuter Kraftübungen zur Steigerung der kognitiven Fähigkeiten belegt (Chang et al, 2014). Kurzzeitige körperliche Aktivität kann – einigen Autoren zufolge – besonders intensive Auswirkungen auf die Kognition haben; ebensolches wird über hochintensives Intervalltraining berichtet – allerdings handelt es sich hier jeweils nur um vereinzelte, erst kürzlich veröffentlichte Studien.

3.10.2 Es besteht weiterer Forschungsbedarf

Trotz der Vielzahl einschlägiger Publikationen fehlt es an aussagekräftigen Studien zu einzelnen Fragestellungen. Eine solche Fragestellung betrifft den sporadisch erwähnten intersexuellen Unterschied bezüglich der Wirksamkeit körperlicher Aktivität auf die kognitiven Fähigkeiten. Bisherige Erkenntnisse weisen darauf hin, dass bei Männern eher positive Auswirkungen zu erwarten sind als bei Frauen – es mangelt an belastbaren Daten sowie an Arbeitshypothesen zu diesem Thema. Zu den Auswirkungen ‚chronischer‘ körperlicher Aktivität liegen auch in den Studien, die sich mit jungen Erwachsenen befassen, gegenwärtig kaum

belastbare Daten vor. So entspricht etwa ein vierwöchiges Training noch längst nicht der Definition des chronischen Sports – hier sollte es sich idealerweise um jahrelange regelmäßige sportliche Aktivität handeln. Es besteht ein Mangel an Studien, die sich mit jungen, möglichst seit Jahren regelmäßig trainierenden Erwachsenen befassen. Ferner besteht ein eklatanter Mangel an Studien, in denen Langzeitauswirkungen körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit untersucht werden. In der überwiegenden Mehrzahl veröffentlichter Studien wird die Kognition lediglich direkt (bestenfalls nach einem kurzen Intervall im Bereich von Minuten bis zu einer Stunde) nach Abschluss des Trainings gemessen. Es liegen keine Erkenntnisse darüber vor, ob die erzielten kognitiven Verbesserungen vorübergehend sind und ob bzw. bei welchem Trainingsprotokoll anhaltende positive Besserungen der Kognition zu erzielen sind? Derartige Fragestellungen wurden bislang am ehesten an Alzheimer-Patienten geprüft. Bei ihnen wurden nach halbjährigem regelmäßigem Training deutliche, während der Dauer des Trainings anhaltende Besserungen ermittelt.

4 Eigene Studien

In diesem Kapitel werden drei kontrollierte Interventionsstudien vorgestellt, welche von 2008-2011 unter der Studienleitung der Autorin durchgeführt wurden. Alle Studien fanden innerhalb der Research Group „hyper.campus“ des House of Competence (HoC) in Zusammenarbeit mit dem Institut für Sport und Sportwissenschaft (IfSS) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) statt. Die dritte Studie (Studie 3 – Lauftraining mit Auszubildenden) fand zudem in Zusammenarbeit mit dem AK Gesundheit KIT Süd und der Medizinischen Abteilung des Campus Nord des KIT statt. Die Zielsetzung dieser drei Studien bestand darin, die Auswirkungen einer gesteigerten körperlichen Leistungsfähigkeit auf die physische und psychische Gesundheit zu untersuchen. Somit besteht die erste Herausforderung zunächst in der signifikanten Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit. Des Weiteren soll untersucht werden, wie sich eine gesteigerte Fitness auf das psychische Wohlbefinden und die kognitive Leistungsfähigkeit auswirkt.

4.1 Übersicht

Untersuchungsziele

Wie in Kapitel 2 beschrieben, wird das elementare Gerüst dieser Arbeit aus den 3 Säulen „Körperliche Aktivität“, „Körperliche Fitness“ und „Gesundheit, Wohlbefinden und Kognition“ gebildet, die hier durch dynamische Kausalität miteinander verbunden sind. Im Zentrum dieses Kausalprozesses steht die „Körperliche Fitness“. Durch die gezielte Steigerung der „Körperlichen Aktivität“ soll die Steigerung der „Körperlichen Fitness“ in diesem Fall der Ausdauerleistungsfähigkeit nachge-

wiesen werden. Der Beleg dieser Kausalität ist die Voraussetzung für den nächsten Schritt; der Beweis, dass sich eine gesteigerte körperliche Fitness auf das physische und psychische Wohlbefinden auswirkt. Selbstverständlich lässt sich dieser Prozess auch umgekehrt belegen; ein physisch und psychisch gesunder Mensch verfügt in der Regel über eine gute körperliche Fitness und diese kann sich in einer gesteigerten körperlichen Aktivität widerspiegeln. In der vorliegenden Arbeit steht aber im Wesentlichen der in Abbildung 1.1 von links nach rechts aufgezeichnete Kausalprozess im Forschungsinteresse.

Die erste Säule „Körperliche Aktivität“ gilt es (hier durch gezieltes Ausdauertraining) zu steigern und daraus lassen sich im Anschluss in einem ersten Schritt mögliche Veränderungen der körperlichen Fitness und daraus resultierende Veränderungen der physischen psychischen und sozialen Gesundheit nachweisen.

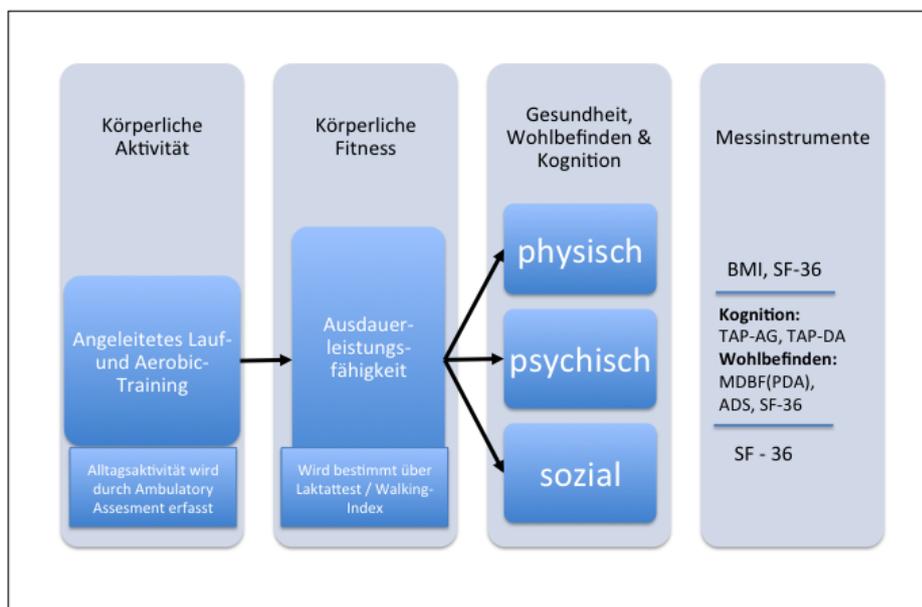


Abbildung 4.1: Untersuchungsziele dieser Arbeit

Studiendesign und Stichprobe

Der Aufbau der Designs zu allen drei Studien ist immer der gleiche (siehe Abbildung 4.2).

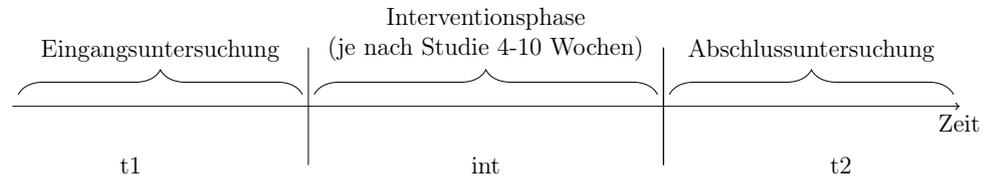


Abbildung 4.2: Übersicht Studiendesign für alle drei Studien

Jede Studie beinhaltet eine Stichprobe von jungen Erwachsenen mit einem durchschnittlichen Alter von 22.64 Jahren ($SD=3.4J.$) (siehe Tabelle ??). Diese Stichprobe ist immer in eine Interventionsgruppe (IG) und eine Kontrollgruppe (CG) aufgeteilt. Sowohl die IG als auch die CG absolvieren eine ausführliche Eingangsuntersuchung. Der Zeitpunkt für die Durchführung dieser sogenannten Eingangsuntersuchung wird im Folgenden als Testzeitpunkt 1 (t_1) bezeichnet. Im Anschluss an diese Eingangsuntersuchung erfolgt sowohl für die IG als auch die CG eine Interventionsphase (int). Die Länge dieser Interventionsphase variiert je nach Studie zwischen 4 und 10 Wochen. In allen drei Studien absolviert immer die IG ein Ausdauertraining und die CG wird dazu angehalten, ihren gewohnten Lebensstil fortzuführen. Für eine erste Übersicht zu Art und Dauer der Intervention, Anzahl der möglichen zu absolvierenden Trainingseinheiten (TE) sowie Zusammensetzung der Stichprobe der drei Studien siehe Tabelle 4.1.

Tabelle 4.1: Übersicht Studien und jeweilige Stichprobe

Studie	Training / Dauer	Anzahl der Trai- ningsein- heiten	Anzahl Teilneh- mer Kontroll- gruppe	Anzahl Teilneh- mer Interven- tions- gruppe	Gesamtanzahl der Teil- nehmer
1 – Lauftraining mit Studierenden	Laufen / 4 Wochen	8	15	11	26
2 – Aerobictraining mit Studierenden	Aerobic / 6 Wochen	12	13	12	25
3 – Lauftraining mit Auszubildenden	Laufen / 10 Wochen	20	9	12	21
1, 2 , 3 – alle Studien			37	35	72

Nach Ende der jeweiligen Interventionsphase haben alle Teilnehmer (sowohl CG als auch IG) die abschließende Testphase zu absolvieren. Diese Testphase nach Ende der jeweiligen Intervention beinhaltet die sogenannten Abschlusstests und wird im Folgenden immer als Testzeitpunkt 2 (t2) bezeichnet. Dieses Studiendesign ist für sämtliche Studien gleich. Lediglich Studie 3 weist eine Modifikation von dem in Abbildung 4.2 dargestellten Design auf. In Studie 3 werden ambulante Monitoringssysteme eingesetzt und somit kommen Testzeitpunkte während der Interventionsphase hinzu. Diese Besonderheiten des Studiendesigns von Studie 3 werden später noch vorgestellt.

Studie 1 und 3 inkludierten als Intervention ein Lauftraining. In Studie 1 wurde das Lauftraining nur über einen kurzen Zeitraum von 4 Wochen durchgeführt, weil hier in erster Linie gezeigt werden sollte, dass schon nach kurzer Zeit mit konsequentem Training die Ausdauerleistungsfähigkeit gesteigert werden kann. Diese Annahme steht konträr zu der von Ralf Reinhardt durchgeführten Studie „Laufen macht schlau“, bei welcher trotz eines 17-wöchigen Ausdauertrainings keine signifikanten Veränderungen bei der Ausdauerleistungsfähigkeit verzeichnet werden konnten. Bei der hier durchgeführten Studie 1 konnten signifikante Veränderungen bezüglich der Ausdauerleistungsfähigkeit nachgewiesen

werden, allerdings zeigten sich keine kognitiven Veränderungen. Daher wurde in „Studie 2 – Aerobictraining mit Studenten“ die Interventionsmethode Laufen durch Aerobic ersetzt, da einige Studien (siehe Budde et al. 2008) darauf hindeuten, dass eher durch koordinatives Training die kognitive Leistungsfähigkeit gesteigert werden kann. So vermutet Fleig (2008, S. 12), dass „koordinative, also zentralnervös determinierte Aktivitäten, förderlicher für die mittel- und langfristige Entwicklung kognitiver Fähigkeiten sind als Bewegungsaufgaben, die eher durch energetische Prozesse (Kraft, Ausdauer) bestimmt sind.“ Dieser Effekt konnte in Studie 2 nicht bestätigt werden, weshalb in Studie 3 wieder das besser zu kontrollierende Lauftraining als Intervention gewählt wurde. Diesmal wurden als Stichprobe allerdings Auszubildende herangezogen, da man sich hier weniger Deckeneffekte bei den Kognitionstests erhoffte. Ebenso fand die Intervention diesmal 10 Wochen statt, damit sich mögliche Effekte deutlicher herausstellen konnten. Die Stichprobe war in allen Studien stets übersichtlich, nur zwischen 9 bis 15 Probanden pro Interventions- bzw. Kontrollgruppe, somit konnte eine optimale Betreuung der Probanden gewährleistet werden.

Fasst man die Teilnehmer aller 3 Studien zusammen, besteht die sogenannte Gesamtstichprobe aus 72 Probanden. Die aus den drei Studien zusammengefasste Stichprobe wird im Folgenden als „overall“ (oa) bezeichnet. Diese overall-Stichprobe teilt sich auf in 37 Probanden der Kontrollgruppe und 35 Probanden der Interventionsgruppe. Von den 35 Männern sind 15 in der Kontrollgruppe und 20 in der Interventionsgruppe. Von den insgesamt 37 Frauen sind 17 Frauen in der Kontrollgruppen und 20 Frauen in der Interventionsgruppe. Das Durchschnittsalter beträgt für alle Teilnehmer der Kontrollgruppen 22.9 Jahre (SD = 3.5), das Durchschnittsalter für die Teilnehmer der Interventionsgruppen beträgt 22.3 Jahre (SD = 3.4). Die Tabelle 4.2 liefert einen Überblick über das Alter der Studienteilnehmer und wie sich dieses auf die einzelnen Studien und Gruppen (Kontroll- oder Interventionsgruppe) aufteilt

Tabelle 4.2: Übersicht Alter [Jahren] und Aufteilung der Stichprobe in den Studien 1, 2, 3 und overall

		Kontrollgruppe						Interventionsgruppe						Gesamt					
		n	M	Mdn	SD	Min	Max	n	M	Mdn	SD	Min	Max	n	M	Mdn	SD	Min	Max
Studie 1	♂	10	25.4	24.0	3.6	21.5	31.2	5	23.9	23.8	0.9	22.9	25.2	15	24.9	23.8	3.0	21.5	31.2
	♀	5	21.6	21.7	1.4	20.1	23.7	6	21.9	21.9	1.5	19.9	24.3	11	21.8	21.8	1.4	19.9	24.3
	Gesamt	15	24.2	23.1	3.5	20.1	31.2	11	22.8	22.9	1.6	19.9	25.2	26	23.6	23.0	2.9	19.9	31.2
Studie 2	♂	6	32.3	24.0	3.0	18.2	25.8	4	26.2	27.2	2.3	22.8	27.5	10	24.5	25.6	3.0	18.2	27.5
	♀	7	23.7	24.1	3.8	18.4	30.2	8	24.2	23.1	4.2	20.3	33.9	15	23.9	23.6	3.9	18.4	33.9
	Gesamt	13	23.5	24.1	3.3	18.2	30.2	12	24.8	24.0	3.7	20.3	33.9	25	24.1	24.1	3.5	18.2	33.9
Studie 3	♂	4	19.6	19.9	1.1	18.0	20.5	6	18.6	18.3	1.8	16.8	21.0	10	18.9	19.3	1.6	16.8	21.0
	♀	5	20.7	20.8	2.9	16.8	24.8	6	19.9	19.8	1.1	18.5	21.4	11	20.3	20.4	2.0	16.8	24.8
	Gesamt	9	20.2	20.2	2.2	16.8	24.8	12	19.3	19.2	1.6	16.8	21.4	21	19.7	19.7	1.9	16.8	24.8
overall	♂	20	23.6	22.9	3.7	18.0	31.2	15	22.4	22.9	3.7	16.8	27.5	35	23.1	22.9	3.7	16.8	31.2
	♀	17	22.2	21.7	3.1	16.8	30.2	20	22.2	21.7	3.3	18.5	33.9	37	22.2	21.7	3.2	16.8	33.9
	Gesamt	37	23.0	22.2	3.5	16.8	31.2	35	22.3	21.9	3.4	16.8	33.9	72	22.6	22.1	3.4	16.8	33.9

Insgesamt ist die Stichprobenverteilung über die einzelnen Studien und Gruppen hinweg sehr ausgeglichen. Auffallend ist lediglich, dass Studie 3 mit einem Durchschnittsalter von 19.7 Jahren ($SD = 1.9$) die jüngste Stichprobe darstellt.

Die drei Studien, welche in den nächsten Kapiteln genauer beschrieben werden, untersuchen die Auswirkungen von Ausdauertraining auf die Arbeitsgedächtnis- und Daueraufmerksamkeitsleistung junger Erwachsener. Parallel dazu wurden noch die Auswirkungen auf den BMI und die Befindlichkeit miterhoben. Die drei Studien bauen aufeinander auf bzw. stellen jeweils eine Weiterentwicklung zur vorherigen dar. Studie 3 ist somit die umfassendste und fundierteste Studie, in welcher neben medizinischen Parametern auch Aktivitäts- und Befindlichkeitsdaten mithilfe des ambulatory assessment erhoben wurden. Die genaue Beschreibung der Testverfahren erfolgt im nächsten Kapitel.

Die Datenerhebung fand im Zeitraum von Dezember 2008 bis April 2011 statt.

4.2 Übersicht Fragestellungen und Hypothesen

Aus dem aktuellen Forschungsstand und den Untersuchungszielen ergeben sich Fragestellungen zu

- Veränderungen der körperlichen Fitness:
 - ‡ Verändert sich durch ein Ausdauertraining die Ausdauerleistungsfähigkeit?
- Veränderungen der kognitiven Leistungsfähigkeit:
 - ‡ Verändert sich durch ein Ausdauertraining die Arbeitsgedächtnisleistung?
 - ‡ Verändert sich durch ein Ausdauertraining die Daueraufmerksamkeitsleistung?
- Veränderungen der psychischen Gesundheit:
 - ‡ Verändert sich durch ein Ausdauertraining die habituelle Befindlichkeit?
 - ‡ Verändert sich durch ein Ausdauertraining die aktuelle Befindlichkeit?
 - ‡ Verändert sich durch ein Ausdauertraining die Depressions-symptomatik?
 - ‡ Verändert sich durch ein Ausdauertraining die gesundheitsbezogene Lebensqualität?
- Veränderungen der physischen Gesundheit:
 - ‡ Verändert sich durch ein Ausdauertraining die gesundheitsbezogene Lebensqualität?
 - ‡ Verändert sich durch ein Ausdauertraining der BMI?
- Veränderungen der körperlichen Aktivität:

┆ Verändert sich durch ein Ausdauertraining die Aktivitätsintensität?

Aus diesen Fragestellungen ergeben sich die in Tabelle 4.3 aggregierten Hypothesen:

Tabelle 4.3: Übersicht der Hypothesen in der Studie 1(a), 2(b), 3(c) und overall (oa)

Veränderungen der körperlichen Fitness		
UH1.1	a, c	Die Ausdauerleistungsfähigkeit an der 2 mmol/l-Schwelle unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
UH1.2	a, c	Die Ausdauerleistungsfähigkeit an der 4 mmol/l-Schwelle unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
UH1.3	b	Die Ausdauerleistungsfähigkeit bei der Gehzeit im 2 km-Walking-Test unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
Veränderungen der kognitiven Leistungsfähigkeit – Arbeitsgedächtnis		
UH2.1	a, b, c, oa	Die Anzahl der Fehler im Arbeitsgedächtnistest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
UH2.2	a, b, c, oa	Die Anzahl der Auslasser im Arbeitsgedächtnistest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
UH2.3	a, b, c, oa	Der Median der Reaktionszeit im Arbeitsgedächtnistest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
Veränderungen der kognitiven Leistungsfähigkeit – Daueraufmerksamkeit		
UH3.1	a, b, c, oa	Die Anzahl der Fehler im Daueraufmerksamkeitstest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
UH3.2	a, b, c, oa	Die Anzahl der Auslasser im Daueraufmerksamkeitstest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
UH3.3	a, b, c, oa	Der Median der Reaktionszeit im Daueraufmerksamkeitstest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
Veränderung der psychischen Gesundheit		
UH4.1	a, b, c, oa	Die GS-Dimension im MDBF unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
UH4.2	a, b, c, oa	Die WM-Dimension im MDBF unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
UH4.3	a, b, c, oa	Die RU-Dimension im MDBF unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
UH5.1	c	Die GSa-Dimension im MDBF-PDA unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
UH5.2	c	Die WMa-Dimension im MDBF-PDA unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
UH5.3	c	Die RUa-Dimension im MDBF-PDA unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
UH6.1	a, b	Der ADS-Summenwert unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
UH7.1	c	Der SF-36 in den Dimensionen VITA, SOFU, EMRO und PSYCH unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
Veränderungen der physischen Gesundheit		
UH7.2	c	Der SF-36 in den Dimensionen KÖFU, KÖRO, SCHM und AGES unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
UH8.1	a,b,c, oa	Der BMI unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
Veränderungen der körperlichen Aktivität		
UH9.1	c	Die Bewegungsintensität (mg) unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
Veränderungen der sozialen Gesundheit		
UH7.3	c	Der SF-36 in den Dimensionen SOFU unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

4.3 Testverfahren

In diesem Kapitel werden die Testverfahren im Einzelnen vorgestellt. Aus Table 4.4 on page 104 wird ersichtlich, dass in sämtlichen 3 Studien der BMI erhoben wurde. Für die Erfassung der kognitiven Leistungsfähigkeit wurde der Arbeitsgedächtnis- und Daueraufmerksamkeits-Test

aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) von Zimmermann und Fimm (2008) in allen Studien durchgeführt. Für die Beschreibung des Arbeitsgedächtnis- und Daueraufmerksamkeits-Tests siehe Kapitel 4.3.4 und Kapitel 4.3.5. Ebenso wurde in Studie 1 noch der Inkompatibilitäts- und Alertness-Test durchgeführt (ebenso aus der TAP) und in Studie 3 ein Test zur Erfassung der Arbeitsspeicherkapazität der Firma Schwabe. Auf diese Tests wird aufgrund der Übersichtlichkeit in der vorliegenden Arbeit nicht weiter eingegangen. In Studie 1, 2 und 3 wurde zur Erfassung der Befindlichkeit der MDBF eingesetzt. In Studie 3 wurde zusätzlich noch eine PDA-basierte Version des MDBFs eingesetzt, um akute Veränderungen der Befindlichkeit zu erfassen. Die in Studie 1 und 2 eingesetzte Allgemeine Depressionsskala (ADS) (Beschreibung der ADS siehe Kapitel 4.3.8) ein Selbstbeurteilungsinstrument zur Aufdeckung depressiver Symptome wurde in Studie 3 mit dem umfassenderen Fragebogen zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität ausgetauscht. Die Tests zur Erfassung der Mehrdimensionalen Befindlichkeit werden in Kapitel 4.3.6 und 4.3.7 beschrieben. Der Fragebogen zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität wird in Kapitel 4.3.9 vorgestellt.

Die Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit erfolgte in Studie 1 und 2 mittels der Laktatdiagnostik. In Studie 2 konnte aus ökonomischen Gründen zur Erfassung der Ausdauerleistungsfähigkeit lediglich der Walking-Test durchgeführt werden. Hier hatten die Probanden noch einen umfangreichen Koordinationstest zu absolvieren. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind in dieser Arbeit ausschließlich die Ergebnisse des 2 km-Walking-Tests dargestellt. Für die Auswertung des Koordinationstests siehe Jansen und Werner (2009).

Die Testverfahren zur Erfassung der physischen Gesundheit sind in dieser Arbeit übersichtlich gehalten. Zur Bestimmung der Konstitution wurde in allen drei Studien der BMI erfasst. In Studie 3 fand noch eine laborchemische Analyse der Blutwerte der Probanden statt.

Zur Erfassung des Aktivitätsverhalten im Alltag trugen die Probanden in Studie 3 Aktivitätssensoren (siehe Kapitel 4.3.10).

Nachfolgende Tabelle vermittelt eine Übersicht über die in den einzelnen

Studien angewendeten Testverfahren. Die fett hervorgehoben Testverfahren und deren Datenauswertung sind Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

Tabelle 4.4: Übersicht Testverfahren

	Erfassung der psy- chischen Gesund- heit und Wohlbe- finden	Erfassung der physi- schen und sozialen Gesund- heit	Erfassung der kör- perlichen Fitness	Erfassung der kör- perlichen Aktivität
Studie	Kognitionstests	Befindlichkeitstest	Konstitution und Blutwerte	Ausdauerleistungs- fähigkeit Training und Alltagsaktivi- tät
1	Arbeitsgedächtnis, Daueraufmerksamkeit, Inkompatibilität, Alertness	MDBF, ADS	BMI	Laktatdiagnostik angeleitetes Training mit Trainingsdoku- mentation
2	Arbeitsgedächtnis, Daueraufmerksamkeit	MDBF, ADS	BMI	2 km-Walking- Test, Koordinations- test angeleitetes Training mit Trainingsdoku- mentation
3	Arbeitsgedächtnis, Daueraufmerksamkeit, Arbeitsspeicherkapazität	MDBF, MDBF-PDA, SF-36	BMI, laborchemische Blutanalyse	Laktatdiagnostik angeleitetes Training mit Trainingsdoku- mentation, activity Monitoring

4.3.1 Anthropometrische Daten

Die Erfassung der anthropometrischen Daten und die Bestimmung des BMI erfolgte in sämtlichen erhobenen Studien.

Zu Beginn der Eingangs- und Abschlusstests wurden zunächst die anthropometrischen Daten der Probanden erfasst, um mithilfe des Körpergewichts und der Körpergröße den Body-Mass-Index (BMI) zu bestimmen. Durch den BMI kann eine Bewertung des Körpergewichts bei Erwachsenen vorgenommen werden (Hollmann & Hettinger, 2000, S. 110).

Er wird nach folgender Formel berechnet:

$$\text{BMI} = \text{Körpergewicht [kg]} / (\text{Körpergröße [m]})^2$$

4.3.2 Laktatdiagnostik

Zur Erfassung der Ausdauerleistungsfähigkeit wird in Studie 1 und Studie 3 die Laktatdiagnostik eingesetzt.

Vor Beginn (t1) und nach Ende (t2) der durchgeführten Intervention wurde die individuelle Ausdauerleistungsfähigkeit der Probanden durch einen Laktatstufentest auf einem Laufband der Firma Woodway GmbH, Weil am Rhein, Modell „PPSmed L 70“ ermittelt. Für die Durchführung der Laktatdiagnostik wurde das am IfSS gebräuchliche Belastungsprotokoll von 6-2-3 gewählt. Dieses Protokoll ist durch eine stufenförmig zunehmende Belastung gekennzeichnet und gewährleistet den von Hollmann, Strüder, Predel and Tagarakis (2006) geforderten Kompromiss zwischen größtmöglicher Aussagekraft sowie möglichst geringer Untersuchungsdauer und Probandenbelastung. Die Anfangsbelastung beträgt dabei 6 km/h und wird nach Empfehlungen von Heck (1990) bei einer Stufendauer von 3 Minuten jeweils um 2 km/h bis zur subjektiven Erschöpfung der Probanden gesteigert. Da die Probanden keinerlei Laufbänderfahrung vorweisen konnten und mit ihnen zuvor noch kein Laktatstufentest durchgeführt worden war, sollten sie sich zunächst für kurze Zeit (ca. 1-2 min) bei niedriger Geschwindigkeit einlaufen, um sich an das Laufband zu gewöhnen und die Einnahme der Grätschposition auf den äußeren Flächen des Laufbands zur Blutentnahme sowie den darauffolgenden Wiedereinstieg auf das Laufband zu üben. Anschließend wurde der Stufentest bei der vorgegebenen Anfangsgeschwindigkeit von 6 km/h gestartet. Am Ende jeder Stufe wurde die Herzfrequenz über Pulsuhren der Firma POLAR® Modell „RS 800“ erfasst. Innerhalb einer standardisierten Pause von 20 Sekunden zwischen den einzelnen Stufen wurde mit 20 µl end-to-end-Kapillaren arterielles Blut aus dem Ohrläppchen der Probanden entnommen. Um die Blutentnahme zu erleichtern, wurde einige Minuten vor Testbeginn zur Hyperämisierung ei-

ne durchblutungsfördernde Salbe (Finalgon®) Wärmecreme der Firma Boehringer Ingelheim Pharma GmbH & Co. KG) auf das Ohrläppchen getupft. Die Bestimmung der Laktatkonzentration erfolgte nach Testende mittels „BIOSEN C_line Sport“ der Firma EKF-diagnostic GmbH, Barleben/Magdeburg. Zur Auswertung der Ergebnisse wurde die Software Ergonizer verwendet (Röcker, 2010), auf deren Grundlage die individuellen Trainingsherzfrequenzen für die Intervention und die individuelle Ausdauerleistungsfähigkeit der Probanden zu t1 und t2 anhand folgender Parameter bestimmt wurde: Laufgeschwindigkeit an der aeroben Schwelle von 2 mmol/l (v_2 mmol/l) und an der anaeroben Schwelle von 4 mmol/l (v_4 mmol/l), an der „lactate threshold“ (v_{LT}), an der individuellen anaeroben Schwelle (v_{iAS}) und bei Testabbruch bzw. vollständiger Erschöpfung (v. Abb).

Für die Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit in den Studien 1 und 3 sind folgende Variablen der Laktatdiagnostik von Wichtigkeit:

- v_2 mmol/l_t1 und v_2 mmol/l_t2
- Dif_ v_2 mmol/l
- v_4 mmol/l-t1 und v_4 mmol/l_t2
- Dif_ v_4 mmol/l

4.3.3 2 km-Walking-Test

Dieses Testverfahren zur Erfassung der Ausdauerleistungsfähigkeit wurde ausschließlich in Studie 2 eingesetzt.

Aus ökonomischen Gründen war es bei Studie 2 leider nicht möglich, eine Laktatdiagnostik durchzuführen. Der 2 km-Walking-Test wurde in Zusammenarbeit des UKK-Instituts in Tampere (Finnland) mit dem Institut für Sport und Sportwissenschaft des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) entwickelt und wissenschaftlich erprobt (vgl. Bös & Saam, 2002). Mithilfe dieses gesundheitsorientierten Testverfahrens kann die „allgemeine Leistungsfähigkeit unter besonderer Berücksichtigung der

Ausdauerleistungsfähigkeit“ (Bös, 2004, S. 54) objektiv überprüft werden. Es zählt zu den wissenschaftlich anerkannten Ausdauer-testverfahren und ermöglicht eine „approximative Schätzung der maximalen Sauerstoffaufnahme-fähigkeit (VO₂max)“ (Bös, 2001, S. 84). Darüber hinaus können nach Bös (2000) Trainingsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Effektivität beurteilt werden sowie durch eine langfristige Dokumentation Aussagen zum individuellen Leistungsverlauf und zu Gruppeneffekten getroffen werden. Der Walking-Test stellt eine einfach durchführbare Testalternative zu anderen Ausdauer-tests (z. B. Conconi-Test, Cooper-Test) dar und wurde v. a. für Testpersonen mit geringer Leistungsfähigkeit oder Übergewicht entwickelt (Bös, 2004), wodurch er sich sehr gut als ein Instrument zur Beurteilung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit der Studienteilnehmer eignet.

Der Walking-Test wurde jeweils zu Messzeitpunkt t₁ und t₂ im Stadion des Instituts für Sport und Sportwissenschaft durchgeführt. Die Probanden hatten die Aufgabe, eine 2 km-Strecke (fünf Runden von je 400 m Länge) in möglichst kurzer Zeit zurückzulegen. Dabei sollte die Strecke in der Walking-Technik bewältigt werden, d. h. beide Füße durften nicht gleichzeitig vom Boden abgehoben sein (Bös, 2004). Um eine korrekte Durchführung zu gewährleisten, wurde den Probanden vor Testbeginn die Walking-Technik vorgestellt und sie erhielten die Möglichkeit, einige Schritte Probe zu walken. Außerdem wurden sie ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es sich bei der Durchführung um einen Maximaltest handelt, bei welchem die Strecke in möglichst kurzer Zeit zurückgelegt werden sollte, da für die „Testinterpretation eine maximale oder submaximale und gleichmäßige Gehgeschwindigkeit vorausgesetzt“ (Bös, 2000, S. 111) wird. Da der Walking-Test ein Einzeltest ist (Bös et al., 2005), starteten die Probanden jeweils alleine mit ausreichendem Abstand (mind. 30 Sekunden). Jeder Proband wurde mit einem Herzfrequenzmesser (POLAR® RS800) ausgestattet, mit welchem die Belastungsherzfrequenz und die Gehzeit am Ende des Tests gemessen werden konnten.

Um Aussagen über die VO₂max der Testpersonen treffen zu können,

wurden folgende Messgrößen erfasst (vgl. Bös, 2004, S. 55):

- Gehzeit für die 2 Km-Strecke
- Belastungsherzfrequenz nach 2 Km
- Body Mass Index (BMI)
- Lebensalter
- Geschlecht

Für die Auswertung in der vorliegenden Arbeit ist lediglich die Gehzeit in Sekunden für die 2 Km-Strecke von Interesse

4.3.4 Arbeitsgedächtnis-Test

Der Arbeitsgedächtnis-Test aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) wurde zur Bestimmung der kognitiven Leistungsfähigkeit in allen drei Studien eingesetzt.

Das Arbeitsgedächtnis erweist sich als ein wichtiger Bestandteil für eine große Anzahl von aufmerksamkeitsgesteuerten Prozessen. Die Testaufgabe Arbeitsgedächtnis (TAP-AG) ist aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) von Zimmermann & Fimm (2008). Bei der Untersuchung der Arbeitsgedächtnisleistung erscheinen auf dem Bildschirm in kurzer Folge Zahlen (siehe Abbildung 4.3)

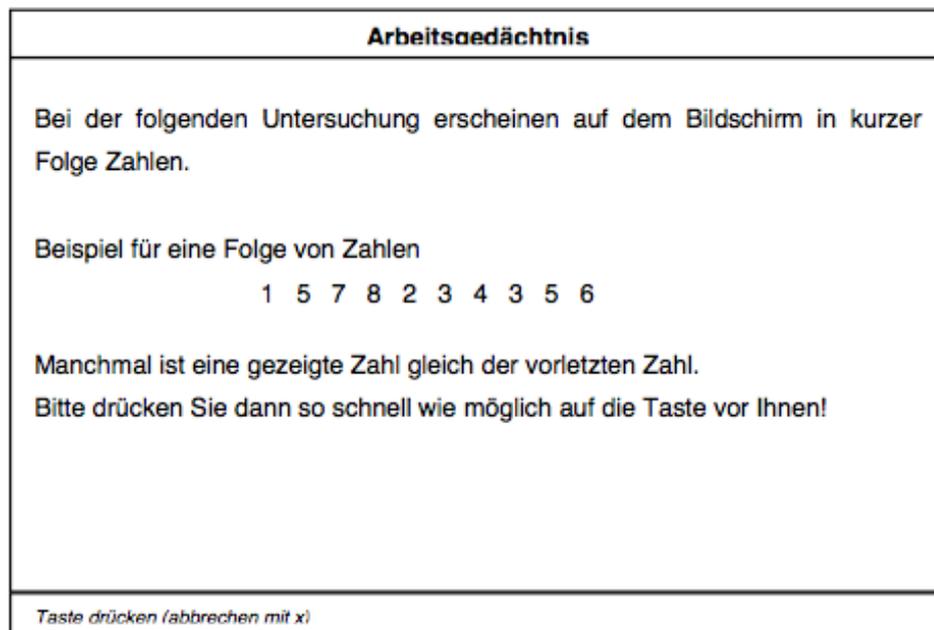


Abbildung 4.3: Instruktion Arbeitgedächtnistest (Schwierigkeitsstufe 3) (aus Zimmermann & Fimm, 2008, S. 19)

Testaufbau: Der Proband sitzt vor dem Computer und benötigt für den Test die Taste 1.

Testziel: Der Test fragt die Kontrolle des Informationsflusses und die Aktualisierung der Informationen im Arbeitsgedächtnis ab.

Testbeschreibung und -aufgabe: Auf dem Computerbildschirm, vor dem der Proband sitzt, erscheint eine Abfolge von Zahlen, wobei bei jeder Zahl, welche mit der vorletzten gezeigten Zahl übereinstimmt, die Taste 1 gedrückt werden muss. Dieser Test verlangt ein hohes Maß an Konzentration, denn es geht darum, einen kritischen Reiz in der Sequenz durch die vorangegangenen Reize immer wieder neu zu definieren (vgl. Zimmermann & Fimm, 2008). Dadurch stellt dieser Test eine „[...] deutlich höhere Anforderung an die kognitive Verarbeitung und die interne Kontrolle der Aufmerksamkeit als dies bei Verfahren mit einer bloßen Entdeckung von zuvor festgelegten kritischen Reizen der Fall ist“ (Zimmermann & Fimm, 2008, S. 18).

Testdurchführung: Der Test kann in drei unterschiedlichen Schwierig-

keitsstufen durchgeführt werden: Schwierigkeitsstufe 1: Es erscheint eine Abfolge mit zweistelligen Zahlen. Ein kritischer Reiz ist dann gegeben, wenn er mit der vorangegangenen Zahl identisch ist. Schwierigkeitsstufe 2: Es erscheint eine Abfolge mit zweistelligen Zahlen. Ein kritischer Reiz ist gegeben, wenn er mit der vorletzten Zahl übereinstimmt. Schwierigkeitsstufe 3: Es werden einstellige Zahlen auf dem Bildschirm dargestellt. Ein kritischer Reiz ist gegeben, wenn er mit der vorletzten Zahl übereinstimmt (vgl. Zimmermann & Frimm, 2008). Bei allen Schwierigkeitsstufen umfasst der Test 100 Reize, welche in einem Rhythmus von 3 Sekunden erscheinen. Jede der drei Bedingungen weist 15 kritische Reize auf, auf die der Proband idealerweise reagieren soll. Bei den hier dargestellten drei Studien wurde der Test bei allen Probanden auf dem höchsten Schwierigkeitsniveau (Schwierigkeitsniveau, Stufe 3) durchgeführt. Die reine Durchführungszeit, also ohne Instruktion und Vortest beträgt 5 Minuten. Auch bei diesem Test wird die Testaufgabe vor Beginn der Übung klar und deutlich auf einer Bildschirmseite erklärt (siehe Abbildung 4.3).

Ergebnisausgabe: Als Kennwert der Reaktionszeit werden für den Gesamttest Mittelwert, Median und Streuung ausgegeben. Zusätzlich wird die Anzahl der korrekten Reaktionen, aber auch die Anzahl der Fehlreaktionen, Auslassungen und der Ausreißer in der Ergebnisausgabe angeführt. Für die nachfolgende Interpretation ist besonders die Anzahl der Auslassungen von großer Bedeutung, da die auf eine mangelnde Kontrolle des Informationsflusses hinweisen. Auch die Fehlreaktionen könnte man als solche Unterbrechung des Informationsflusses bzw. als Momente der Unaufmerksamkeit deuten. Die Reaktionszeiten rücken bei diesem Test in den Hintergrund, sie spielen eine untergeordnete Rolle (Zimmermann & Fimm, 2008).

In der untenstehenden Tabelle werden die für die statistische Berechnung wichtigen Werte zur Testaufgabe TAP-Arbeitsgedächtnis (TAP-AG) mit ihrem Variablennamen und der dazugehörigen Beschreibung aufgeführt. Je nach Zeitpunkt, wann die Werte erhoben wurden, erhalten sie noch die Endungen „_t1“ (wenn die Daten zum Testzeitpunkt 1 erhoben wurden)

und „_t2“ (wenn die Daten zum Testzeitpunkt 2 erhoben wurden) . Um Veränderungen von t1 zu t2 zu untersuchen, wurden Differenzwerte zu den jeweiligen Variablen gebildet. Diese Differenzwerte sind durch ein vorangestelltes „Diff_“ vor dem Variablennamen zu erkennen.

Zur Bestimmung der kognitiven Leistungsfähigkeit sind folgende Variablen (siehe Tabelle 4.5) aus dem Arbeitsgedächtnis-Test der TAP für diese Arbeit von Bedeutung:

Tabelle 4.5: Relevante Werte zur Testaufgabe TAP-Arbeitsgedächtnis

Variablenname	Beschreibung
wm3_err	Anzahl der Fehler
wm3_omi	Anzahl der Auslasser
wm3_mdn	Median der Reaktionszeit
Diff_wm3_err	Differenz der Fehler von t1 zu t2
Diff_wm3_omi	Differenz der Auslasser von t1 zu t2
Diff_wm3_mdn	Differenz des Medians von t1 zu t2

Bei allen Variablen der Testaufgabe TAP-Arbeitsgedächtnis gilt, je kleiner der Wert, desto besser.

4.3.5 Test der Daueraufmerksamkeit

Der Daueraufmerksamkeits-Test aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) wurde zur Bestimmung der kognitiven Leistungsfähigkeit in allen drei Studien eingesetzt.

Testaufbau: Der Proband sitzt vor dem Computer und benötigt für den Test die Taste 1.

Testziel: Ziel des Tests ist es, eine Aussage über die Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit eines Probanden zu treffen. Entscheidend ist hierbei, ob der Proband auch zum Ende des Tests noch auf die kritischen Reize reagiert oder ob die Konzentration nachgelassen hat und somit kritische Reize eher als zum Testanfang übersehen bzw. ausgelassen werden. Ausschlaggebend für die Beurteilung sind daher die Reaktionszeiten.

Testbeschreibung und -aufgabe: Beim Test zur Daueraufmerksamkeit erscheinen auf dem Computerbildschirm „[...] nacheinander Reize, die in verschiedenen Merkmalsdimensionen variieren: der Farbe, der Form, der Größe und der Füllung“ (siehe Testinstruktion Abbildung 4.4) (vgl. Zimmermann & Fimm, 2008, S. 29). Stimmt ein gezeigter Reiz in einer oder in zwei der vorher festgelegten Reizdimensionen mit dem vorangegangenen überein, liegt ein kritischer Reiz vor, auf den der Proband mit einem Tastendruck reagieren sollte. Mithilfe der wählbaren Schwierigkeitsstufen „Form“ und „Farbe oder Form“ kann man den Test an das Leistungsniveau eines Probanden anpassen.

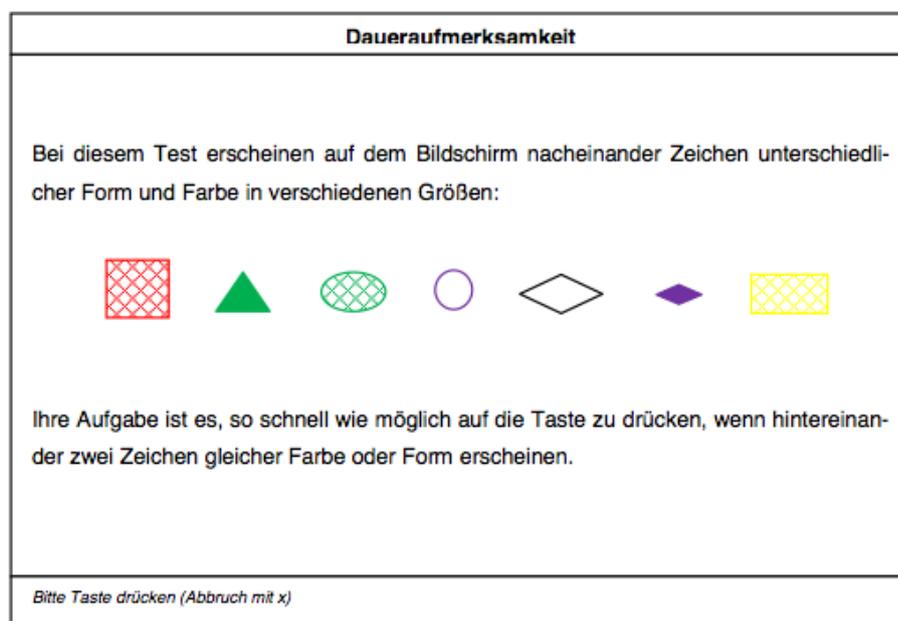


Abbildung 4.4: Instruktion Daueraufmerksamkeit (aus Zimmermann & Fimm, 2008, S. 31)

Testaufbau: Der Proband sitzt vor dem Computer und benötigt für den Test die Taste 1.

Testdurchführung: Der Test kann, wie schon bei der Testbeschreibung erwähnt, in zwei Schwierigkeitsstufen durchgeführt werden. Einmal „Form“ oder in der Schwierigkeitsstufe „Farbe oder Form“. Da bei sämtlichen partizipierenden Probanden davon ausgegangen werden kann, dass keine Hirnschädigungen vorliegen, führen alle den Test in der Schwierig-

keitsstufe „Farbe oder Form“ durch. Es werden Ihnen bei beiden Bedingungen 450 Reize in regelmäßigen Intervallen dargestellt. Davon sind 54 kritische Reize, also 18 kritische Reizen innerhalb eines Intervalls von fünf Minuten. Die dargestellten Reize variieren in verschiedenen Merkmalsdimensionen: der Farbe, der Form, der Größe und der Füllung (siehe Abbildung 4.4). Die Durchführungszeit dauert ohne Instruktion und Vortest 15 Minuten. Eine kurze Instruktion zur Testaufgabe erscheint vor Beginn des Tests auf dem Computerbildschirm (siehe 4.4) (vgl. Zimmermann & Fimm, 2008, S. 30). Bei dem Daueraufmerksamkeits-Test erscheinen auf dem Bildschirm nacheinander Zeichen unterschiedlicher Form und Farbe in differenten Größen: Die Aufgabe lautet, so schnell wie möglich auf die Taste zu drücken, wenn hintereinander zwei Zeichen gleicher Farbe oder Form erscheinen (siehe Testinstruktion Abbildung 4.4).

Ergebnisausgabe: „Es werden jeweils für die 5 Minuten-Intervalle sowie für den Gesamttest als Kennwert der Reaktionszeit der Mittelwert, der Median und die Streuung ausgegeben, sowie die Anzahl der korrekten Reaktionen, die Fehler, die Auslassungen und die Ausreißer angezeigt (Zimmermann & Frimm, 2008, S. 31)“. Wichtig für die Interpretation der Daueraufmerksamkeit ist die Anzahl der Auslassungen. Eine Zunahme der Auslassungen über die Zeitspanne weist auf den Nachlass der Konzentration hin. Als Nebenkriterium kann die Anzahl der falschen Reaktionen (Fehler) im Testverlauf als Hinweis herangezogen werden. An der Anzahl der Fehler kann der Proband u. U. selbst merken, dass er unkonzentriert war und wird somit u. U. unsicher, ob nicht gerade ein kritischer Reiz auf dem Bildschirm dargestellt wurde.

In der untenstehenden Tabelle werden die für die statistische Berechnung wichtigen Werte zur Testaufgabe TAP-Daueraufmerksamkeit mit ihrem Variablennamen und der dazugehörigen Beschreibung dargestellt. Je nach Zeitpunkt, wann die Werte erhoben wurden, erhalten sie bei der späteren Datenauswertung noch die Endungen „_t1“ (wenn die Daten zum Testzeitpunkt 1 erhoben wurden) und „_t2“ (wenn die Daten zum Testzeitpunkt 2 erhoben wurden) . Um Veränderungen von t1 zu t2 zu

untersuchen, wurden Differenzwerte zu den jeweiligen Variablen gebildet. Diese Differenzwerte sind durch ein vorangestelltes „Diff_“ vor dem Variablennamen zu erkennen.

Zur Bestimmung der kognitiven Leistungsfähigkeit sind folgende Variablen (siehe Tabelle 4.6) aus dem Daueraufmerksamkeits-Test der TAP für die vorliegende Thesis von Bedeutung:

Tabelle 4.6: Relevante Werte zur Testaufgabe TAP-Daueraufmerksamkeit

Variablenname	Beschreibung
sa2_err3	Anzahl der Fehler (Gesamt)
sa2_omi3	Anzahl der Auslasser (Gesamt)
sa2_mdn3	Median der Reaktionszeit (Gesamt)

Bei allen Variablen der Testaufgabe TAP-Daueraufmerksamkeit gilt, je kleiner der Wert, desto besser.

4.3.6 MDBF

Dieses Testverfahren wurde in allen drei Studien eingesetzt.

Das Ziel des Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogens besteht darin, die aktuelle psychische Befindlichkeit einer Person hinsichtlich drei bipolarer Dimensionen zu erfassen. Befindlichkeit wird dabei definiert als „das aktuelle, ins Bewußtsein gerückte innere Erleben und Empfinden eines Individuums“ (Steyer, Schwenkmezger, Notz & Eid, 1997, S. 4). Der Test wird in drei Dimensionen unterteilt: Gute-Schlechte Stimmung (GS), Ruhe-Unruhe (RU) und Wachheit-Müdigkeit (WM) (Steyer et al., 1997). Eine wichtige Voraussetzung für die Durchführung des Tests sind unverfälschte Angaben, welche nur gemacht werden können, wenn die Probanden in der Lage sind, ihre momentane Befindlichkeit richtig wahrzunehmen, die Instruktionen zu verstehen und ausreichend Sprachkenntnisse besitzen, um die Bedeutung der jeweiligen Adjektive zu erfassen. Ist dies nicht der Fall, ist zunächst eine Prüfung der Konsistenz der Antworten sinnvoll, bevor die Skalenwerte als valide Indikatoren der psychischen Befindlichkeit zur Interpretation herangezogen werden

(Steyer et al., 1997). Der Test kann sowohl von Jugendlichen als auch von Erwachsenen, in Gruppen oder als Einzeltest durchgeführt werden und bedarf keiner weiteren Kenntnisse außer ausreichender Sprachkenntnisse. Zur praktischen Durchführung sind nur der Fragebogen und ein Schreibgerät notwendig. Eine ausführliche Instruktion mit einem Itembeispiel befindet sich auf der Vorderseite des Fragebogens. Der MDBF ist als Lang- und Kurzform vorhanden. Bei den in dieser Arbeit beschriebenen drei Studien wurde immer die Langform gewählt, die aus insgesamt 24 Items besteht und deren Bearbeitung etwa vier bis acht Minuten in Anspruch nimmt. Die Skalenwerte für jede Dimension werden durch Ankreuzen einer fünfstufigen Antwortskala von 1 bis 5 ermittelt. Die Pole sind mit „überhaupt nicht“ und „sehr“ bezeichnet. „Die Items der negativen Befindlichkeitspole (schlechte Stimmung, Müdigkeit und Unruhe) müssen vor einer Skalenwertbildung umkodiert werden“ (Steyer et al., 1997, S. 6). Während bei positiv gepolten Items der Wert 5 = „sehr“ fünf Skalenpunkte ergibt, erhalten die negativ gepolten Items für den Wert 1 = „überhaupt nicht“ ebenso fünf Skalenpunkte. Für jede Teilskala (GS, RU und WM) werden die Werte der betreffenden Fragen zu Skalenwerten aufsummiert. Jede Dimension beinhaltet acht Items (insgesamt 24 Items), wodurch ein positiver Skalenwert von maximal 40 je Dimension erreicht werden kann. Bei der Interpretation der Daten werden die folgenden drei verschiedenen Dimensionen getrennt voneinander betrachtet (Steyer et al, 1997, S. 7):

- (1) Gute-Schlechte Stimmung (GS): Je höher der Skalenwert, desto positiver die momentane Stimmungslage einer Person. Niedrige Werte deuten auf Missbefinden hin.
- (2) Ruhe-Unruhe (RU): Ein hoher Skalenwert deutet darauf hin, dass der Proband sich gelassen und ruhig fühlt. Niedrigere Skalenwerte deuten auf Aufregung und innerliche Unruhe hin.
- (3) Wachheit-Müdigkeit (WM): Ausgeruhte und wache Personen erzielen höhere Werte, während schläfrige und müde Personen eher niedrige Skalenwerte erzielen.

Eine Bewertung des psychischen Zustands der Person anhand von Normwerten ist beim MDBF nicht sinnvoll, „da die aktuelle Befindlichkeit nicht nur durch die Person, sondern auch durch die Situation und die Interaktion zwischen Person und Situation bestimmt wird, in der man die Befindlichkeit erhebt“ (Steyer et al, 1997, S. 7). In der Regel wird der MDBF in Verlaufstudien vor und nach besonderen Ereignissen oder in der Therapiekontrolle verwendet. Dabei kann auf Normwerte verzichtet werden. „Interessanter erscheint es [. . .], die Werte einer Person mit ihren eigenen Werten zu anderen Messzeitpunkten zu vergleichen“ (Steyer et al, 1997, S. 6), wie dies in allen drei vorliegenden Studien erfolgt.

Die Reliabilitäten nach Cronbachs α sind mit .91 bis .94 für die Dimension Gute-Schlechte Stimmung bzw. mit .92 bis .96 für die Dimension Wachheit-Müdigkeit sehr hoch und mit .086 bis .91 für die Dimension Ruhe-Unruhe nur wenig niedriger. Um Hinweise auf die Validität zu erhalten, betrachteten Steyer et al. (1997) die Interitem-Korrelationen durch Berechnung der Produkt-Moment-Korrelationen und stellten fest, dass alle Items einer Dimension relativ stark miteinander korrelierten und somit eine „konvergente Validität“ vorlag (zwischen 0.26 und 0.79). Demgegenüber steht die „diskriminante Validität“, welche sich auf die Korrelation von Items aus unterschiedlichen Dimensionen bezieht. Hier lagen die Korrelationen bei Betrachtung aller Dimensionen zwischen 0.10 und 0.62. Demnach waren die Korrelationen zwischen Items derselben Dimension deutlich höher als zwischen Items divergenter Dimensionen. Dessen ungeachtet variieren die Dimensionen GS, RU und WM nicht unabhängig voneinander (vgl. Steyer et al, 1997).

Für die Bestimmung der habituellen Befindlichkeit in dieser Arbeit sind die in Tabelle 4.7 folgende Variablen des MDBF von Wichtigkeit:

Tabelle 4.7: Relevante Werte des MDBF

Variablenname	Beschreibung
GS	Gute-Schlechte Stimmung
RU	Ruhe-Unruhe
WM	Wachheit-Müdigkeit

4.3.7 MDBF-PDA

Dieses Testverfahren wurde nur in Studie 3 – Lauftraining mit Auszubildenden eingesetzt.

Für die Erfassung der psychischen Befindlichkeit innerhalb eines ambulanten Monitorings entwickelten Wilhelm und Schoebi (2007) in Anlehnung an umfassendere Fragebögen von Matthews, Jones und Chamberlain (1990), Schimmack und Reizenzeim (2002) sowie Steyer, Schwenkmeizer, Notz und Eid (1997) einen eigens für diese Untersuchungsmethodik angelegten mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF-PDA). Mit dem Hintergrund, dass Motivation und Compliance zur mehrmaligen Beantwortung eines Fragebogens mit zunehmender Belastung durch Frequenz und Dauer der Abfragen nachlassen, umfasst der MDBF-PDA lediglich sechs Items (Wilhelm & Schoebi, 2007). Nach Wilhelm und Schoebi (2007) reichen diese jedoch aus, um eine valide Einschätzung der psychischen Befindlichkeit zu erhalten. Die differenten Items lassen sich drei bipolaren Dimensionen zuordnen: Gute-Schlechte Stimmung (GS), Ruhe-Unruhe (RU) und Wachheit-Müdigkeit (WM). Mithilfe der Software MyExperience movisens Edition wurde der Befindlichkeitsfragebogen auf ein PDA (HTC Touch Diamond 2) installiert und die Zeitintervalle für die täglichen Abfragezeitpunkte wurden festgelegt. Voraussetzung für die Erfassung von Veränderungen der psychischen Befindlichkeit über die Zeit ist eine ausreichende Änderungssensitivität des Erhebungsinstruments. Die Änderungssensitivität bezieht sich auf die „Eigenschaft eines psychologischen Testwerts [...], reale Veränderungen anzuzeigen, d. h., in der Variabilität einer Zeitreihe nicht nur Messfehler, sondern funktionell wichtige Regulationsvorgänge abzubilden“ (Fahrenberg, Leonhart & Foerster, 2002, S. 83). Nach Wilhelm und Schoebi (2007) sind die verschiedenen Dimensionen des MDBF-PDA als äußerst sensitiv einzustufen und gelten daher als geeignetes Messinstrument zur Erfassung von Befindlichkeitsveränderungen über die Zeit. Mit intraindividuellen Reliabilitäten von $r = .70$ für die GS- und RU-Dimension sowie $r = .77$ für die WM-Dimension ergibt sich eine zufriedenstellende

interne Konsistenz.

Für die Bestimmung der aktuellen Befindlichkeit in der vorliegenden Arbeit sind folgende Variablen in Tabelle 4.8 des MDBF-PDA von Wichtigkeit:

Tabelle 4.8: Relevante Werte des MDBF-PDA

Variablenname	Beschreibung
GSa	Gute-Schlechte Stimmung aktuell
RUa	Ruhe-Unruhe aktuell
WMa	Wachheit-Müdigkeit aktuell

Die genaue Beschreibung und Anwendung dieses Testverfahrens erfolgt direkt bei Studie 3 (siehe Kapitel 4.7.6).

4.3.8 ADS

Dieses Testverfahren wurde nur in Studie 1 und Studie 2 eingesetzt.

Testzielsetzung: Die Allgemeine Depressionsskala nach Hautzinger und Bailer (1992) ist ein Selbstbeurteilungsinstrument, durch welches das Vorhandensein von depressiven Symptomen, wie negativen Denkmustern, motorischen Hemmungen, körperlichen Beschwerden und depressiven Affekten, erfragt wird (Hautzinger & Bailer, 1992). Sie wurde speziell für den „Einsatz bei Untersuchungen an nichtklinischen Stichproben, Bevölkerungsgruppen und epidemiologischen Gemeindestichproben entwickelt“ (Hautzinger & Bailer, 1992, S. 28).

Testdurchführung: In der vorliegenden Studie wurde die Kurzform mit 15 Items (ADS-K) eingesetzt, in der mit einfachen und verständlichen Sätzen depressive Symptome der Probanden aufgedeckt werden. Die ursprüngliche, lange Form des Fragebogens umfasst 20 Items. Beim ADS-K muss die Testperson zu jeder der 15 Aussagen eine Antwort formulieren, die auf sein Befinden in der letzten Woche zutrifft. Es werden vier Antwortmöglichkeiten vorgegeben und es ist darauf zu achten, dass der Proband den Fragebogen in Ruhe und ohne äußere Störeinflüsse ausfüllen kann. Die Bearbeitungsdauer liegt bei etwa fünf Minuten

(Hautzinger & Bailer, 1992).

Messwertaufnahme: Den vierstufigen Antwortmöglichkeiten liegen folgende Bewertungen zugrunde:

- 0 = „selten oder überhaupt nicht“ (weniger als 1 Tag),
- 1 = „manchmal“ (1 bis 2 Tage lang),
- 2 = „öfters“ (3 bis 4 Tage lang) und
- 3 = „meistens, die ganze Zeit“ (5 und mehr Tage).

Zwei Items sind negativ gepolt, um unaufmerksame oder unehrliche Probanden zu identifizieren. Bei der Berechnung des ADS-Summenwerts werden die Antworten der positiv gepolten Fragen und die der negativ gepolten Fragen (in umgekehrter Wertefolge) aufaddiert. Der Summenwert kann somit zwischen null und 45 Punkten liegen. Stehen die Antworten der negativ gepolten Items in einem deutlichen Missverhältnis zu denen der positiv gepolten Items, kann von falschen Angaben seitens des Probanden ausgegangen werden. Um derartig falsche Angaben zu identifizieren, kann ein Lügenkriterium berechnet werden (Summe der 13 positiv gepolten Items minus 6.5, mal die Summe der beiden negativ gepolten Items), dessen kritischer Wert bei -24 Punkten liegt. Wird dieser Wert überschritten, können die Antworten nicht länger als glaubwürdig angesehen werden und der Proband kann bei der Auswertung nicht in die Stichprobe aufgenommen werden (Hautzinger & Bailer, 1992). Summenwerte über 17 weisen auf eine mögliche ernsthafte depressive Störung hin. Bei Personen mit bereits diagnostizierter depressiver Störung kann der Summenwert Auskunft über die Tiefe der depressiven Symptomatik geben (Hautzinger & Bailer, 1992).

Für die Bestimmung von depressiven Symptomen in dieser Arbeit sind folgende Variablen ADS von Wichtigkeit:

- ADS_Sum_t1
- ADS_Sum_t2
- Diff_ADS_Sum

4.3.9 SF-36

Dieses Testverfahren wurde lediglich in Studie 3 eingesetzt.

Nach Bullinger und Ravens-Sieberer (1995, S. 372) ist die gesundheitsbezogene Lebensqualität mit subjektiven Gesundheitsindikatoren gleichzusetzen und bezeichnet ein mehrdimensionales psychologisches Konstrukt. Der SF-36 Health Survey von Bullinger und Kirchberger (1998) basiert auf einer kategorischen Unterteilung von gesundheitsbezogener Lebensqualität und dient der Selbsteinschätzung körperlicher, sozialer und psychischer Gesundheitsaspekte (Lüthi, 2007). Die gesundheitsbezogene Lebensqualität wird dabei anhand von acht Dimensionen der subjektiven Gesundheit erfasst (siehe Tabelle 4.9).

Tabelle 4.9: Die 8 Dimensionen des SF-36 (modifiziert nach Bullinger und Kirchberger, 1998, S. 12)

Dimension	Beschreibung	Zuordnung
AGES: Allgemeine Gesundheitswahrnehmung	Persönliche Beurteilung der Gesundheit, einschließlich aktueller Gesundheitszustand, zukünftige Erwartungen und Widerstandsfähigkeit gegenüber Erkrankungen	physische Gesundheit
KÖFU: Körperliche Funktionsfähigkeit	Ausmaß, in dem der Gesundheitszustand körperliche Aktivitäten, wie Selbstversorgung, Gehen, Treppen steigen, Bücken, Heben und mittelschwere oder anstrengende Tätigkeiten beeinträchtigt.	physische Gesundheit
KÖRO: Körperliche Rollenfunktion	Ausmaß, in dem der körperliche Gesundheitszustand die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigt, z. B. weniger schaffen als gewöhnlich, Einschränkungen in der Art der Aktivitäten oder Schwierigkeiten, bestimmte Aktivitäten auszuführen	physische Gesundheit
SCHM: Körperliche Schmerzen	Ausmaß an Schmerzen und Einfluss der Schmerzen auf die normale Arbeit, sowohl im als auch außerhalb des Hauses.	physische Gesundheit
PSYCH: Psychisches Wohlbefinden	Allgemeine psychische Gesundheit, einschließlich Depression, Angst, emotionale und verhaltensbezogene Kontrolle, allgemeine positive Gestimmtheit.	psychische Gesundheit
EMRO: Emotionale Rollenfunktion	Ausmaß, in dem emotionale Probleme die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigen; u. a. weniger Zeit aufbringen, weniger schaffen und nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten.	psychische Gesundheit
VITA: Vitalität	Sich energiegeladener und voller Schwung fühlen vs. müde und erschöpft	psychische Gesundheit
SOFU: Soziale Funktionsfähigkeit	Ausmaß, in dem die körperliche Gesundheit oder emotionale Probleme normale soziale Aktivitäten beeinträchtigen	soziale Gesundheit

Die Zuordnung der einzelnen Dimensionen zu den Bereichen physische, psychische und soziale Gesundheit zeigt, dass die „soziale Dimension im Verhältnis zur körperlichen Funktionsfähigkeit, aber auch zur psychischen Gesundheit eher unterrepräsentiert ist (Bullinger und Kirchberger, 1998, S. 8).“

Testdurchführung und Messwertaufnahme: Der SF-36 Health Sur-

vey besteht aus 36 Items, die Teil einer Skala sind oder selbst eine solche darstellen und in übergeordneter Ebene den acht Dimensionen zugeordnet sind. Die Bearbeitung des Fragebogens erfolgt durch Ankreuzen von z. T. „ja-nein“-Fragen bis hin zu sechsfach gestuften Antwortskalen. Durch seine relativ einfache Handhabung, unkomplizierte Formulierung und Konstruktion ist der SF-36 unabhängig von Alter, Gesundheitszustand oder Personengruppe durchführbar. Die durchschnittliche Bearbeitungszeit beträgt zehn Minuten, wobei es keine zeitliche Beschränkung für das Ausfüllen des Fragebogens gibt. Da es sich um einen Selbstbericht handelt, sollte jedoch jeder einzelne Fragebogen nach der Bearbeitung auf seine Vollständigkeit überprüft werden, da ausgelassene Items u. U. die Auswertbarkeit unmöglich machen (Bullinger & Kirchberger, 1998).

Auswertung: Ausgewertet werden können Dimensionen nur dann, wenn mindestens 50 % der Items durch den Proband bearbeitet wurden. Innerhalb der Auswertung werden die Items und Dimensionen des SF-36 dergestalt berechnet, dass ein höherer Wert mit einem besseren Gesundheitszustand gleichzusetzen ist. Hierfür sind folgende drei Schritte notwendig (Bullinger & Kirchberger, 1998, S. 15):

1. Umkodierung und Rekalibrierung von 10 Items.
2. Berechnung von Skalenwerten durch Addition der Items einer Dimension.
3. Umrechnung der Skalenrohwerte in eine Skala von 0 bis 100.

Für die einzelnen Schritte der Auswertung existiert eine spezielle Auswertungssoftware, welche sowohl die Items einer Dimension zusammenfasst, gegebenenfalls eine Gewichtung von einzelnen Items auf höheren Abstraktionsebenen (psychische und körperliche Summenwerte) innerhalb einer Dimension vornimmt, die verschiedenen Items einer Dimension aufaddiert sowie alle erfassten Dimensionen in Zahlenwerte zwischen 0 und 100 transformiert. Die Transformation ermöglicht einen Vergleich der verschiedenen Dimensionen untereinander und auch über verschiedene Personengruppen (vgl. Bullinger & Kirchberger, 1998, S. 9).

Normwerte: Die Normdaten für die acht Dimensionen des SF-36 He-

alth Survey wurden an einer für Deutschland repräsentativen Bevölkerungsstichprobe von 2.914 Personen gewonnen und ermöglichen geschlechts- sowie altersspezifische Vergleiche.

Gütekriterien. Die interne Konsistenz der verschiedenen Dimensionen liegt zwischen $r = .074$ und $r = .94$. Die Überprüfung der konvergen- ten Validität erfolgte durch Korrelationen des SF-36 Health Survey mit dem Nottingham Health Profile (NHP) und ergab genügend hohe Kor- relationen zwischen inhaltlich vergleichbaren Dimensionen. Eine ausrei- chende diskriminante Validität und Sensitivität des SF-36 konnte eben- falls durch Studien nachgewiesen werden (vgl. Bullinger & Kirchberger, 1998).

Für die Bestimmung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität in dieser Arbeit sind folgende Variablen des SF-36 von Wichtigkeit:

Für den Bereich der physischen Gesundheit:

- AGES_t1 und AGES_t2
- KÖFU_t1 und KÖFU_t2
- KÖRO_t1 und KÖRO_t2
- SCHM_t1 und SCHM_t2

Für den Bereich der psychischen Gesundheit:

- PSYCH_t1 und PSYCH_t2
- EMRO_t1 und EMRO_t2
- VITA_t1 und VITA_t2

Für den Bereich der sozialen Gesundheit:

- SOFU_t1 und SOFU_t2

4.3.10 Activity-Monitoring

Dieses ambulante Testverfahren wurde lediglich in Studie 3 eingesetzt. Die Bewegungsaktivität im Alltag wird mit Beschleunigungssensoren der Firma movisens GmbH, Karlsruhe, Modell „Move II“ erfasst. Der 50 x 36 x 17 mm große und 17 g schwere mobile Sensor wird an der Hüfte getragen und zeichnet Rohdaten von Bewegungen mittels 3-Achsen-Beschleunigung (64 Hz, ± 8 g, 12 Bit, 4 mG) bei einer Akkulaufzeit von bis zu sieben Tagen auf. Über eine USB- Schnittstelle und mithilfe der geeigneten Software (SensorManager, Unisens-Viewer und DataAnalyser, movisens GmbH, Karlsruhe) werden die Sensoren für jeden Probanden individuell konfiguriert (Alter, Geschlecht, Größe und Gewicht) und die Rohdaten ausgelesen (CSV-Format). Der Activity-Sensor „Move II“ (siehe Abbildung 4.5) wird von den Probanden tagsüber über die maximale Speicherkapazität und Akkulaufzeit von sieben Tagen getragen. Nach Ablauf jeder Woche erhalten die Probanden anschließend einen neuen Sensor. Aus den Rohdaten können mithilfe mathematischer und statistischer Verfahren unterschiedliche Aktivitäten differenziert werden – Ruhe (Stehen, Liegen oder Sitzen), Fahrradfahren/Ergometer, Treppe steigen, Gehen (Joggen, langsames, normales Gehen) und „unbekannte Aktivitäten“ (Haertel, Gnam, Loeffler & Boes, 2011, S. 2).

Aus den im Aktivitätssensor erfassten Rohdaten (Beschleunigungswerte in g) wird die Aktivitätsintensität in mg berechnet. Diese Aktivitätsintensität ist der Mittelwert der Beschleunigungsbeträge pro Minute. Im nächsten Schritt werden zunächst die Zeiten bestimmt, in welchen der Sensor nicht getragen wurde. Liegt ein Wert unter der festgesetzten Schwelle von 8 mg und alle Werte der darauffolgenden Stunde liegen ebenfalls unter dieser Schwelle, so werden diese Werte als „nicht getragene Werte“ identifiziert. Diese „nicht getragenen Werte“ werden ins Verhältnis gesetzt zu den 24 h, welche der Sensor pro Tag maximal getragen werden kann (off-ratio). Alle Werte, die nicht die Mindestanforderung 8 Stunden pro Tag getragen erfüllen, bzw. eine off-ratio > 67 % haben, werden für die weiteren Berechnungen nicht berücksichtigt, ebensowe-

nig wie alle Werte, die eine off-ratio $< 10\%$ haben – hier muss davon ausgegangen werden, dass der Sensor während des Schlafens nicht abgelegt wurde (vgl. Walter, von Haaren, Löffler; Härtel, Jansen, Werner, Stumpp, Bös & Hey, 2013).



Abbildung 4.5: Der Beschleunigungssensor „Move II“ - Anbringung an der Hüfte
(<http://www.movisens.com/de/produkte/aktivitaetssensor>)

Für die Bestimmung der Bewegungsaktivität im Alltag in dieser Arbeit ist die Aktivitätsintensität in mg von Wichtigkeit.

4.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der vorliegenden Daten erfolgt mithilfe des Programms SPSS 20.0 (Statistical Package for the Social Sciences). Zur grafischen Darstellung der Ergebnisse werden für die Darstellung der Boxplot-Diagramme die Ausgaben von SPSS verwendet – für alle anderen grafischen Darstellungen das Programm Microsoft Excel 2011.

Für die explorative Datenanalyse erfolgt eine Beschreibung der Variablen (Anzahl¹, Mittelwert², Standardabweichung³, Median⁴, Minimum⁵, Maximum⁶ etc.) zu den Testzeitpunkten 1 und 2 (t1 und t2) sowie die Differenz zwischen den beiden Testzeitpunkten jeweils getrennt für die Interventionsgruppe und Kontrollgruppe.

¹Im Folgenden wird die Bezeichnung Anzahl durch n abgekürzt.

²Im Folgenden wird die Bezeichnung Mittelwert durch M abgekürzt.

³Im Folgenden wird die Bezeichnung Standardabweichung durch SD abgekürzt.

⁴Im Folgenden wird die Bezeichnung Median durch Mdn abgekürzt

⁵Im Folgenden wird die Bezeichnung Maximum durch Max abgekürzt

⁶Im Folgenden wird die Bezeichnung Standardabweichung durch SD abgekürzt

Die Überprüfung der Normalverteilung erfolgt durch den Kolmogorow-Smirnow und Shapiro-Wilk Test. Dabei wird von der für die Sportwissenschaft üblichen Signifikanzgrenze von $\alpha = 0.05$ ausgegangen (Bös, Hänsel & Schott, 2004). In Anlehnung an Bös et al. (2004a, S. 114) werden die berechneten Irrtumswahrscheinlichkeiten wie folgt umschrieben:

- $p < 0.1$ = hochsignifikant
- $p < 0.05$ = tendenziell oder marginal signifikant
- $p < 0.01$ = signifikant
- $p < 0.001$ = sehr signifikant

Das bedeutet für die Überprüfung der Normalverteilung, dass p-Werte größer als 0.05 zeigen, dass die Daten näherungsweise normalverteilt sind. Da diese Tests (Kolmogorow-Smirnow und Shapiro-Wilk) manchmal zu eng gefasst sind, werden auch immer noch die Quantil-Plots einbezogen; liegen die Punkte nahe an der Geraden, so sind die Daten näherungsweise normalverteilt.

Da die Messwerte zu den einzelnen Zeitpunkten in den Gruppen normalverteilt sind, kann im weiteren Verlauf eine Varianzanalyse mit Messwiederholung (ANOVA) gerechnet werden – mit einem Faktor Zeit und einem Faktor Gruppe. Hat der Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen p-Werte > 0.05 , sind die Fehlervarianzen annähernd gleich und die ANOVA darf verwendet werden. Bei der ANOVA wird mithilfe des Tests der Innersubjekteffekte überprüft, ob der Faktor Zeit signifikanten Einfluss hat und die Interaktion von Zeit * Gruppe signifikant ist. Da bei einer signifikanten Interaktion von Zeit und Gruppe die Haupteffekte möglicherweise nicht interpretierbar sind, werden immer noch die Profile-Plots betrachtet.

Sind die zu untersuchenden Variablen der Stichprobe zu beiden Testzeitpunkten normalverteilt, so wird der t-Test für unabhängige Stichproben angewendet. Vorab wird noch mithilfe des Levene-Tests die Varianzgleichheit überprüft. Sind die zu untersuchenden Variablen nicht normalverteilt, wird der nichtparametrische Mann-Whitney U Test verwendet.

Zur Überprüfung, ob überhaupt signifikante Änderungen innerhalb der jeweiligen Gruppe (Interventions- oder Kontrollgruppe) existent sind, werden die Differenzwerte (Differenz von t1 zu t2) zum Wert 0 für jede Gruppe einzeln mithilfe des t-Tests für eine Stichprobe verglichen. Bei nicht normalverteilten Stichproben wird der Wilcoxon-Test für eine Stichprobe verwendet.

Für die Darstellung der Veränderungen werden Box-Plots verwendet. Boxplots zeigen die Lage und Streuung von Daten, ohne eine Schiefe oder Ausreißer zu verstecken. Gruppenvergleiche sind somit einfach zu interpretieren.

Ergänzend zur statistischen Signifikanz wird bei Varianzanalysen mit Messwiederholung die Effektgröße Eta-Quadrat (η^2) betrachtet. Durch η^2 erhält man denjenigen Varianzanteil der abhängigen Variablen, der auf die unabhängige Variable zurückzuführen ist (Bortz, 2005). Die Interpretation der Effektgrößen orientiert sich an Bortz (2005, S. 259):

- $\eta^2 \approx 0.01$ = schwacher Effekt
- $\eta^2 \approx 0.05$ = mittlerer Effekt
- $\eta^2 \approx 0.14$ starker Effekt

Für die Darstellung der metrischen Variablen und Gruppenunterschiede werden Boxplot-Diagramme verwendet. Der Boxplot ist durch seinen Aufbau sehr gut geeignet, um metrische Variablen in ihrer Lage und Streuung darzustellen. Da er mit Median und Quantilen arbeitet, statt Mittelwerte und Standardabweichungen zu verwenden, werden die Daten unverfälscht dargestellt. Sowohl schiefe Verteilungen als auch Ausreißer sind erkennbar und werden nicht verwischt. Durch die Gegenüberstellung mehrerer Boxplots in einer Abbildung sind Lageunterschiede leicht erkennbar und die Richtung des Unterschieds kann interpretiert werden.

4.5 Studie 1 – Lauftraining mit Studierenden

4.5.1 Hintergrund

Die „Studie 1 – Lauftraining mit Studierenden“ untersucht die Auswirkungen eines vierwöchigen Lauftrainings auf die Arbeitsgedächtnis- und Daueraufmerksamkeitsleistung bei Studierenden. Insgesamt nehmen 26 Studierende mit einem Durchschnittsalter von 23.6 Jahren (SD: 2.87 Jahre) an der Studie teil. Die Frauen kamen größtenteils aus der Fakultät der Geistes- und Sozialwissenschaften, die Männer aus den technischen Studienbereichen Elektronik und Informatik. Diese Studie stellt die erste der drei Studien dar und soll vornehmlich zeigen, ob mit einem kontrolliertem angeleiteten Lauftraining die Ausdauerleistungsfähigkeit signifikant gesteigert werden kann. Hier bezieht sich diese Studie an die Studie von Ralf Reinhardt (2009), der trotz eines 17-wöchigen Lauftrainings keine signifikanten Veränderungen in der Ausdauerleistungsfähigkeit bei seinen Probandinnen nachweisen kann. Eine weitere Schwachstelle bei der Studie von Reinhardt (2009) besteht darin, dass es keine Kontrollgruppe gibt. Deshalb verfolgt die hier vorgestellte Studie 1 im wesentlichen zwei Ziele; zuerst soll gezeigt werden, dass durch ein gezielt angepasstes Lauftraining die Ausdauerleistungsfähigkeit signifikant gesteigert werden kann, des Weiteren lassen sich die Auswirkungen durch das Heranziehen einer Kontrollgruppe besser einordnen.

4.5.2 Methode

Kontroll- und Interventionsgruppe

Insgesamt nahmen 26 Studierende an der Studie 1 – Ausdauertraining mit Studierenden teil; 15 in der Kontrollgruppe, 11 in der Interventionsgruppe.

Kontrollgruppe. Die Kontrollgruppe bestand aus 15 Studierenden ($m = 10$; $w = 5$). Das Durchschnittsalter der Kontrollgruppe betrug insgesamt

24.2 Jahre (SD: 3.5). Die jüngste Probandin war 20.1 Jahre, der älteste 31.2 Jahre.

Interventionsgruppe. Die Interventionsgruppe bestand aus 11 Studierenden (m= 5; w = 6). Das Durchschnittsalter betrug insgesamt 22,8 Jahre (SD: 1.6). Die jüngste Probandin war 19,9 Jahre, der älteste 25.2 Jahre alt.

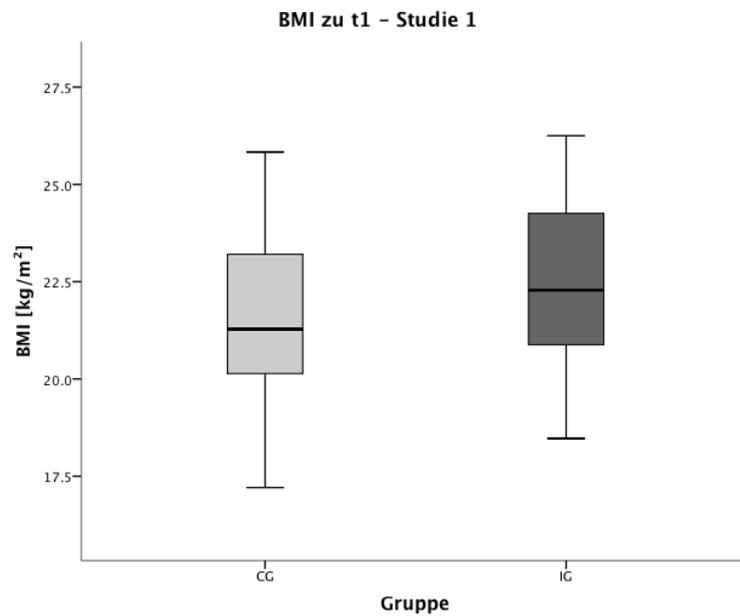
Tabelle 4.10: Deskriptive Statistik – Alter der Stichprobe in Studie 1

		Kontrollgruppe						Interventionsgruppe						Gesamt					
		n	M	Mdn	SD	Min	Max	n	M	Mdn	SD	Min	Max	n	M	Mdn	SD	Min	Max
Alter [Jahre]	♂	10	25.4	24.0	3.6	21.5	31.2	5	23.9	23.8	0.9	22.9	25.2	15	24.9	23.8	3.0	21.5	31.2
	♀	5	21.6	21.7	1.4	20.1	23.7	6	21.9	21.9	1.5	19.9	24.3	11	21.8	21.8	1.4	19.9	24.3
	Gesamt	15	24.2	23.1	3.5	20.1	31.2	11	22.8	22.9	1.6	19.9	25.2	26	23.6	23.0	2.9	19.9	31.2

Die Kontrollgruppe hat einen durchschnittlichen BMI von $M = 21.47$ ($Mdn = 21.28$, $SD = 2.39$) und befindet sich damit im Normbereich. Die Interventionsgruppe weist einen BMI von $M = 22.39$ ($Mdn = 22.28$, $SD = 2.51$) auf und liegt damit etwas höher als die Kontrollgruppe, befindet sich damit aber ebenfalls im Normbereich.

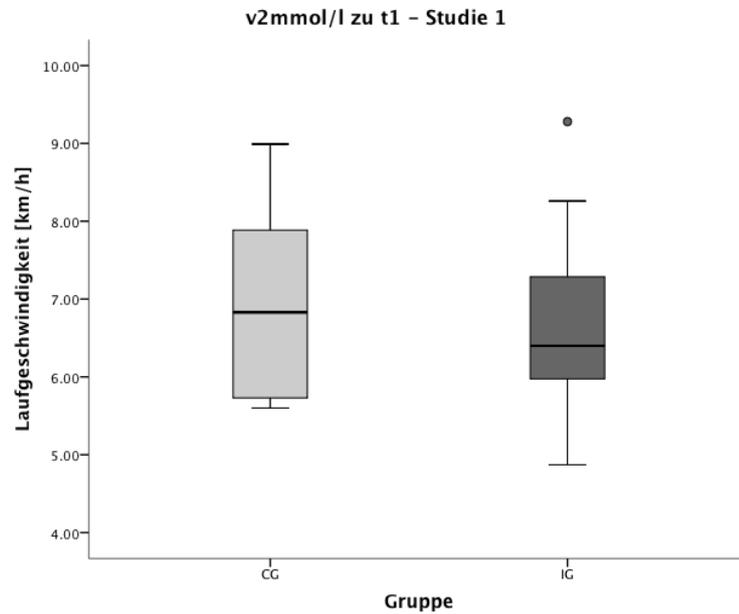
Im nachfolgenden Boxplot (siehe Abbildung4.6) wird der BMI und dessen Verteilung in den jeweiligen Gruppen der Teilnehmer von Studie 1 zum Testzeitpunkt 1 grafisch dargestellt.

Abbildung 4.6: Boxplot: BMI zu Testzeitpunkt 1 (t1) von der Kontrollgruppe (CG) und der Interventionsgruppe (IG) in Studie 1



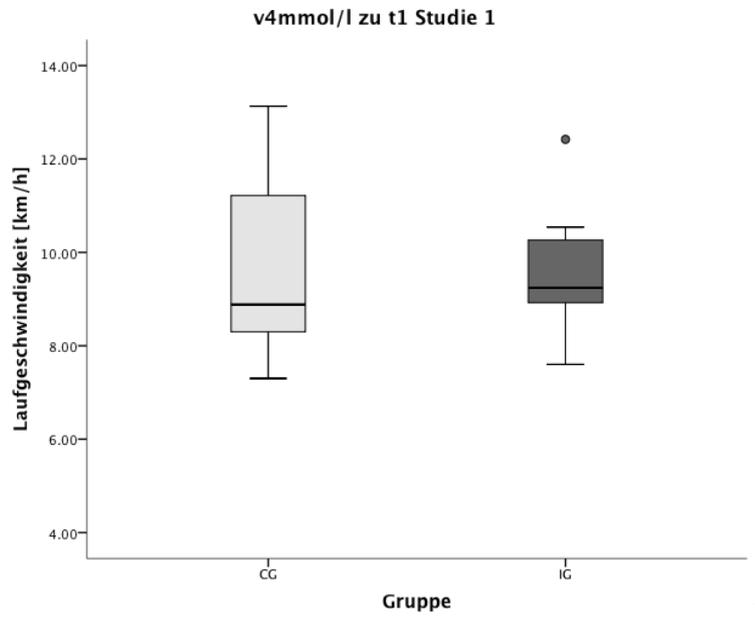
Bei der Laufgeschwindigkeit an der 2 mmol/l-Schwelle war die Kontrollgruppe zu t1 mit einer durchschnittlichen Laufgeschwindigkeit von $M = 6.98$ km/h ($Mdn = 6.83$, $SD = 1.23$) schneller als die IG ($M = 6.71$, $Mdn = 6.4$, $SD = 1.3$).

Abbildung 4.7: Boxplot: Laufgeschwindigkeit [km/h] an der 2 mmol-Schwelle (v2 mmol/l) zum Testzeitpunkt 1 (t1) zwischen Kontrollgruppe (CG) und Interventionsgruppe (IG) in Studie 1



An der 4 mmol/l-Schwelle ist der Unterschied der durchschnittlichen Laufgeschwindigkeit zwischen den beiden Gruppen (CG: $M = 9.67$, $Mdn = 8.88$, $SD = 1.8$; IG: $M = 9.63$, $Mdn = 9.24$, $SD = 1.26$) nicht mehr ganz so deutlich. Aus den beiden Boxplot-Diagrammen (siehe Abbildung 4.7 und 4.8) ist zu erkennen, dass bei der IG eine größere Leistungsbreite vorliegt.

Abbildung 4.8: Boxplot: Laufgeschwindigkeit [km/h] an der 4 mmol-Schwelle (v4 mmol/l) zum Testzeitpunkt 1 (t1) zwischen Kontrollgruppe (CG) und Interventionsgruppe (IG) in Studie 1

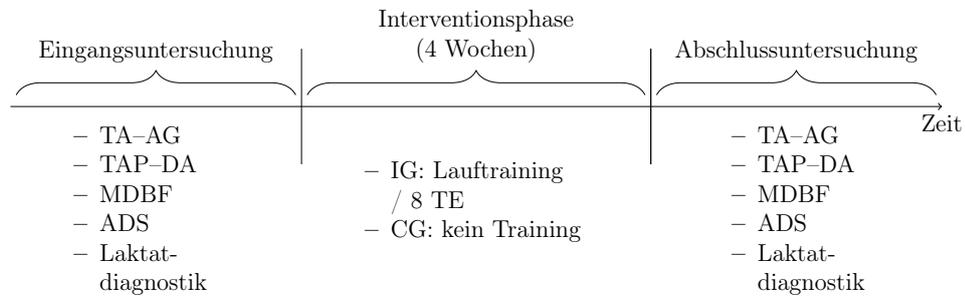


Untersuchungsdesign

Die Einteilung der Probanden in Interventionsgruppe und Kontrollgruppe erfolgte frei, d. h., die Probanden konnten selbst entscheiden, in welcher Gruppe sie als Proband an der Studie teilnehmen wollten. Ziel dieser freiwilligen Zuordnung war es, „motiviertere“ Probanden in die Interventionsgruppe zu bekommen, um möglichst hohe Effekte durch das nur für vier Wochen anberaumte Lauftraining zu erzielen. Nach der ausführlichen Beschreibung des Studienablaufs gaben die Probanden eine schriftliche Einverständniserklärung für die Teilnahme an der Studie ab. Die Daten wurden zwischen November 2008 und Februar 2009 erhoben. Für alle Probanden erfolgte die Eingangsuntersuchung im November 2008. Jeder Proband füllte eine allgemeine Depressionsskala (ADS) und einen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF) aus. Im Anschluss daran erfolgten die am Computer durchgeführten Kognitionstests für das Arbeitsgedächtnis (TAP-AG) und die Daueraufmerksamkeit (TAP-DA). Danach hatte jeder Proband einen Laktatstufentest auf dem Laufband zu ab-

solvieren. Das gesamte Testprocedere wiederholte sich im Anschluss an die vierwöchige Interventionsphase. Für die Übersicht des Studiendesign von Studie 1 siehe Abbildung 4.9

Abbildung 4.9: Studiendesign Studie 1



Nach Beendigung der Eingangsdiagnostik fand für die Probanden der Interventionsgruppe ein vierwöchiges Lauftraining à zwei Trainingseinheiten pro Woche statt. Die Probanden liefen in vorgeschriebenen Pulsbereichen, welche bei dem Laktatstufentest errechnet wurden. Das Lauftraining wurde von der Studienleiterin durchgeführt, sodass nicht nur die Trainingskontrolle durch die verwendeten Polarpulsuhren sondern auch durch die Anwesenheit der Studierenden kontrolliert war.

Das Training für die Interventionsgruppe sah folgendermaßen aus:

Tabelle 4.11: Trainingsplan für die Interventionsgruppe in Studie 1

Woche	Art des Trainings	Anzahl Trainingseinheiten	Dauer
1	Jogging	2	30 Minuten
2	Jogging	2	40 Minuten
3	Jogging	2	50 Minuten
4	Jogging	2	50 Minuten

Die Kontrollgruppe hatte keinerlei Intervention und wurde dazu angehalten, ihren normalen Alltagsgewohnheiten wie gewohnt nachzugehen.

4.5.3 Fragestellungen und Hypothesen

Das zentrale Ziel dieser Studie besteht darin, zu überprüfen, ob sich in dem vierwöchigen Interventionszeitraum die Ausdauerleistungsfähigkeit

signifikant verbessern lässt. Eine signifikante Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit stellt die Grundvoraussetzung für die Beantwortung aller weiteren Fragestellungen dar. Somit lauten die zentralen Fragestellung der Studie:

- Verändert sich durch das Ausdauertraining die Ausdauerleistungsfähigkeit? Im Weiteren sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:
- Verändert sich durch das Ausdauertraining die kognitive Leistungsfähigkeit (Arbeitsgedächtnisleistung und Daueraufmerksamkeitsleistung)?
- Verändert sich durch das Ausdauertraining das Wohlbefinden (habituelle Befindlichkeit und Depressionssymptomatik)?
- Verändert sich durch das Ausdauertraining der BMI?

Die entsprechenden Alternativhypothesen lauten

- für die Überprüfung der Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit:

UH1.1a Die Ausdauerleistungsfähigkeit an der 2 mmol/l-Schwelle unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH1.2a Die Ausdauerleistungsfähigkeit an der 4 mmol/l-Schwelle unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

- für die Überprüfung der Veränderung der Arbeitsgedächtnisleistung:

UH2.1a Die Anzahl der Fehler im Arbeitsgedächtnistest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH2.2a Die Anzahl der Auslasser im Arbeitsgedächtnistest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH2.3a Der Median der Reaktionszeit im Arbeitsgedächtnistest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

- für die Überprüfung der Veränderung der Daueraufmerksamkeitsleistung:

UH3.1a Die Anzahl der Fehler im Daueraufmerksamkeitstest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH3.2a Die Anzahl der Auslasser im Daueraufmerksamkeitstest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH3.3a Der Median der Reaktionszeit im Daueraufmerksamkeitstest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

- für die Überprüfung der Veränderung der psychischen Gesundheit:

UH4.1a Die GS-Dimension im MDBF unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH4.2a Die WM-Dimension im MDBF unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH4.3a Die RU-Dimension im MDBF unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH6.1a Der ADS-Summenwert unterscheidet sich nicht signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

- für die Überprüfung der Veränderung der physischen Gesundheit:

UH8.1a Der BMI unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

4.5.4 Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit

Laufgeschwindigkeit an der 2 mmol/l- und 4 mmol/l-Schwelle

Die Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit von t1 zu t2 wurde durch die Laktatdiagnostik anhand der beiden Parameter Laufgeschwindigkeit [km/h] an der 2 mmol/l-Schwelle (v2 mmol/l) und Laufgeschwindigkeit [km/h] an der 4 mmol/l-Schwelle [v4 mmol/l] analysiert.

Die IG konnte ihre Laufgeschwindigkeiten an der 2 mmol/l- Schwelle um 0.8 km/h steigern und damit deutlicher als die CG, die sich nur um 0.09 km/h steigern konnte. An der 4 mmol/l-Schwelle verschlechterte sich die Kontrollgruppe leicht (-0.02 km/h) und die Interventionsgruppe verbesserte sich (+ 0.79 km/h). Für eine Übersicht der Veränderungen von t1 zu t2 siehe Tabelle 4.12.

Tabelle 4.12: Deskriptive Statistik – Laktatdiagnostik in Studie 1; Laufgeschwindigkeit [km/h] an der aeroben (2 mmol/l) und anaeroben Schwelle (4 mmol/l)

		n	Testzeitpunkt 1					Testzeitpunkt 2					Differenz	
			M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn
2 mmol/l [km/h]	CG	15	6.98	6.83	1.23	5.60	8.99	7.07	7.28	0.97	5.64	8.77	0.09	0.45
	IG	11	6.71	6.4	1.30	4.87	9.28	7.51	7.78	1.41	4.53	10.10	0.80	1.38
4 mmol/l [km/h]	CG	15	9.67	8.88	1.80	7.30	13.13	9.65	9.36	1.50	7.61	13.10	-0.02	0.48
	IG	11	9.63	9.24	1.26	7.60	12.42	10.42	10.09	1.76	7.80	13.31	0.79	0.85

Das berechnete mixed-Design der ANOVA zeigt für den Faktor Zeit einen signifikanten Einfluss ($F[1, 24] = 8.14, p = 0.01, \eta^2 = 0.253$), ebenso ist die Interaktion Zeit * Gruppe signifikant ($F[1, 24] = 5.06, p = 0.03, \eta^2 = 0.174$). Da auch nach Betrachtung der Profile-Plots der Haupteffekt der Gruppe jedoch nicht interpretierbar ist, wurden die Gruppenunterschiede der Ausdauerwerte zu jedem Zeitpunkt einzeln betrachtet; der t-Test zeigte für beide Messzeitpunkte (t1 und t2) sowohl für die Ausdauerwerte an der aeroben Schwelle (2 mmol/l) als auch an der anaeroben Schwelle (4 mmol/l) keine signifikanten Unterschiede zwischen der Kontroll- und Interventionsgruppe.

Die Betrachtung der Differenzwerte von t1 zu t2 demonstriert, dass sich die Ausdauerwerte von der Kontroll- und Interventionsgruppe an der 2 mmol/l-Schwelle signifikant unterscheiden ($t = 2.25, df = 24, p = 0.03$). An der 4 mmol/l-Schwelle zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe ($U = -1.71, p = 0.09$).

Um zu überprüfen, ob es überhaupt eine signifikante Änderung innerhalb der Gruppen gibt, wurden die Differenzwerte jeder Gruppe mit dem Wert 0 verglichen.

Bei der Kontrollgruppe zeigt sich für die Veränderung von t1 zu t2 an der 2 mmol/l-Schwelle kein signifikanter Unterschied zum Wert 0 ($p = 0.63$). An der 4 mmol/l-Schwelle zeigt sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied zum Wert 0 ($p = 0.23$).

Die Interventionsgruppe zeigt für die Differenzwerte an der 2 mmol/l-Schwelle einen signifikanten Unterschied zum Wert 0 ($t = 3.17$, $df = 10$, $p = 0.01$). Der Boxplot in Abbildung 4.10 stellt den Median aller Differenzwerte (Veränderung von t1 zu t2) an der 2 mmol-Schwelle der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe grafisch gegenüber. Die Verbesserung der Laufgeschwindigkeit [km/h] an der 2 mmol-Schwelle von der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe wird in diesem Schaubild deutlich sichtbar.

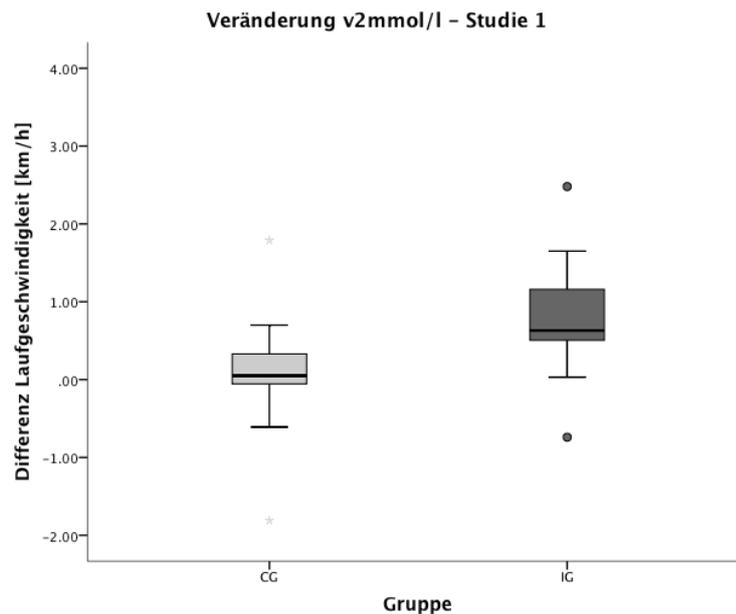


Abbildung 4.10: Boxplot für die Differenzwerte der Laufgeschwindigkeit [km/h] an der 2 mmol/l -Schwelle zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 1

Die Differenz zwischen t1 und t2 unterscheidet sich für die Interventionsgruppe an der 4 mmol/l-Schwelle nicht signifikant vom Wert 0 ($t = 2.05$, $df = 10$, $p = 0.07$). Aber auch hier zeigt die Betrachtung des Boxplots (siehe Abbildung 4.11) die Veränderung von t1 zu t2 sowie die

Unterschiede zwischen den Gruppen.

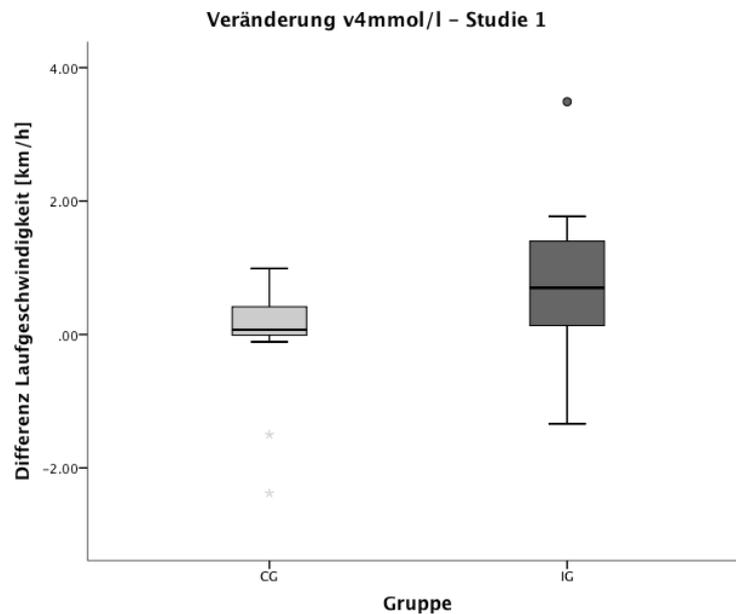


Abbildung 4.11: Boxplot für die Differenzwerte der Laufgeschwindigkeit [km/h] an der 4 mmol/l -Schwelle zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 1

Resümierend kann festgehalten werden:

- Es gibt einen signifikanten Unterschied bezüglich der Differenzwerte an der 2 mmol/l-Schwelle zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe über die Zeit.
- Es zeigen sich signifikante Veränderungen bei der Interventionsgruppe bezüglich der Laufgeschwindigkeit an der 2 mmol/l-Schwelle.
- Die Veränderungen an der 4 mmol/l-Schwelle sind nicht signifikant.

Daher kann für die Hypothese UH1.1a DIE AUSDAUERLEISTUNGSFÄHIGKEIT AN DER 2 MMOL-SCHWELLE UNTERSCHIEDET SICH SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT die Alternativhypothese beibehalten werden:

* UH1.1a DIE AUSDAUERLEISTUNGSFÄHIGKEIT AN DER 2 MMOL-SCHWELLE UNTERSCHIEDET SICH SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT. *

Für die Hypothese UH1.2a DIE AUSDAUERLEISTUNGSFÄHIGKEIT AN DER 4 MMOL-SCHWELLE UNTERSCHIEDET SICH SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT muss die Nullhypothese formuliert werden:

UH1.2a DIE AUSDAUERLEISTUNGSFÄHIGKEIT AN DER 4 MMOL-SCHWELLE UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

4.5.5 Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit

Arbeitsgedächtnisleistung

Hier ist die Frage von Relevanz, ob sich durch das vierwöchige Lauftraining die Arbeitsgedächtnisleistung verändert. Bei der deskriptiven Betrachtung des Arbeitsgedächtnistests in Studie 1 zeigt sich, dass sowohl die Probanden der Interventionsgruppe als auch der Kontrollgruppe die Anzahl der Fehler und Auslasser senken können 4.13.

Tabelle 4.13: Deskriptive Statistik – Arbeitsgedächtnistest in Studie 1

		n	Testzeitpunkt 1					Testzeitpunkt 2					Differenz	
			M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn
Fehler [Anzahl]	CG	15	0.73	1.00	0.80	0.00	2.00	0.29	0.00	0.61	0.00	2.00	-0.44	-1.00
	IG	11	1.36	1.00	1.57	0.00	5.00	0.90	0.00	1.66	0.00	4.00	-0.46	-1.00
Auslasser [Anzahl]	CG	15	0.80	0.00	1.01	0.00	3.00	0.57	0.50	0.65	0.00	2.00	-0.23	0.50
	IG	11	1.72	0.00	2.97	0.00	10.00	1.10	1.00	1.29	0.00	4.00	-0.62	1.00
Median [ms]	CG	15	540.53	561.00	125.68	302.00	811.00	532.50	495.50	129.34	318.00	770.00	-8.03	-65.50
	IG	11	506.45	484.00	139.38	353.00	768.00	493.30	508.00	109.53	322.00	624.00	-13.15	24.00

Während die Veränderung bei der *Anzahl der Fehler* zwischen den beiden Gruppen von Testzeitpunkt 1 zu Testzeitpunkt 2 nahezu identisch ist (die IG macht zu t2 0.46 Fehler weniger als zu t1 und die CG macht

zu t2 0.44 Fehler weniger als zu t1), ist die Fehleranzahl zu Testzeitpunkt 1 bei der Interventionsgruppe wesentlich höher ($M = 1.36$, $SD = 1.57$) als bei der Kontrollgruppe ($M = 0.73$, $SD = 0.80$). Die Differenz der Fehleranzahl unterscheidet sich nicht signifikant zwischen den beiden Gruppen ($U = -.23$, $p = .82$). Der Boxplot (siehe Abbildung 4.12) zeigt anschaulich Lage und Streuung der Anzahl der Fehler zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe zu den beiden Testzeitpunkten.

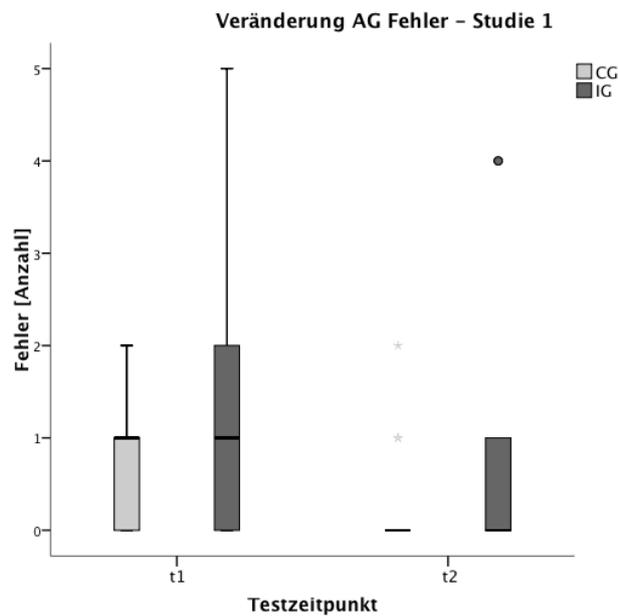


Abbildung 4.12: Boxplot: Veränderung Fehler [Anzahl] im Arbeitsgedächtnistest (AG) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 1

Bei der *Anzahl der Auslasser* verbessert sich die Interventionsgruppe um durchschnittlich 0.62 Auslasser von Testzeitpunkt 1 zu Testzeitpunkt 2. Die Kontrollgruppe kann sich auch verbessern, allerdings nicht so deutlich wie die IG ($Diff = -0.23$). Die Veränderung zwischen den Gruppen ist nicht signifikant ($U = -.52$, $p = .60$). Der Boxplot (siehe Abbildung 4.13) stellt die Lage und Streuung der Anzahl der Auslasser zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe zu den beiden Testzeitpunkten dar.

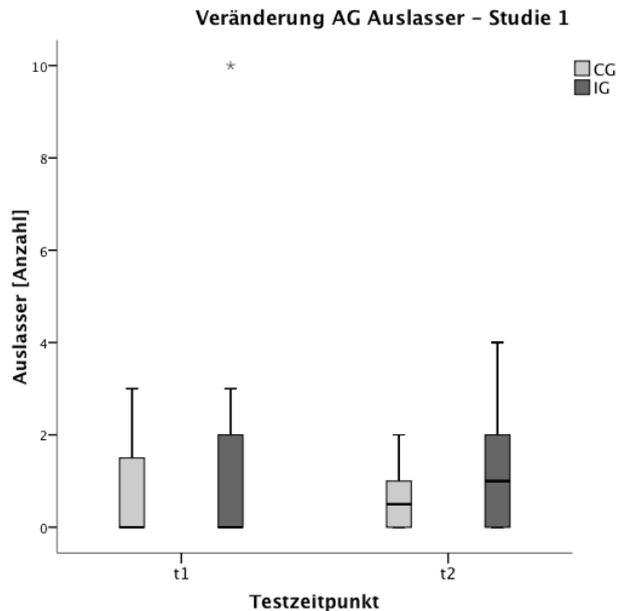


Abbildung 4.13: Boxplot: Veränderung Auslasser [Anzahl] im Arbeitsgedächtnistest (AG) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 1

Beim *Median* der Reaktionszeit verbessern sich ebenfalls beide Gruppen. Die Veränderung der Interventionsgruppe fällt deutlicher aus (Diff CG = -8.03; Diff IG = -13.15). Die Veränderung des Medians ist weder über die Zeit ($F[1, 22] = 0.01$, $p = .92$, $\text{Eta}^2 = .001$) signifikant, noch ist die Interaktion ($F[1,22] = 0.39$, $p = .54$, $\text{Eta}^2 = .017$) signifikant. Der Boxplot (siehe Abbildung 4.14) zeigt anschaulich die Lage und Streuung des Medians zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe zu den beiden Testzeitpunkten.

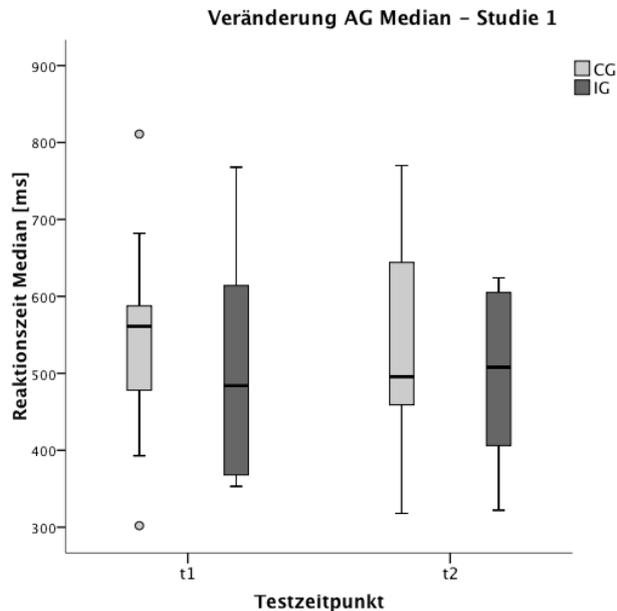


Abbildung 4.14: Boxplot: Veränderung Median [ms] im Arbeitsgedächtnistest (AG) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG)

Somit müssen alle Alternativhypothesen, welche die Arbeitsgedächtnisleistung in Studie 1 untersuchen, abgelehnt und Nullhypothesen formuliert werden:

UH2.1a DIE ANZAHL DER FEHLER IM ARBEITSGEDÄCHTNISTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

UH2.2a DIE ANZAHL DER AUSLASSER IM ARBEITSGEDÄCHTNISTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

UH2.3a DER MEDIAN DER REAKTIONSZEIT IM ARBEITSGEDÄCHTNISTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

Daueraufmerksamkeitsleistung

Bei der Daueraufmerksamkeit können sich für alle drei Untersuchungsparameter, sowohl die Probanden der Kontrollgruppe als auch der In-

terventionsgruppe verbessern. Für eine Übersicht siehe Tabelle 4.14.

Tabelle 4.14: Deskriptive Statistik – Daueraufmerksamkeitstest in Studie 1

		n	Testzeitpunkt 1					Testzeitpunkt 2					Differenz	
			M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn
Fehler [Anzahl]	CG	15	3.60	3.00	4.73	0.00	19.00	1.57	0.50	2.68	0.00	9.00	-2.03	-2.50
	IG	11	5.45	3.00	4.27	1.00	13.00	5.40	2.50	6.33	0.00	19.00	-0.05	-0.50
Auslasser [Anzahl]	CG	15	3.87	3.00	1.96	1.00	9.00	2.36	2.00	1.86	0.00	6.00	-1.51	-1.00
	IG	11	6.45	4.00	7.29	1.00	27.00	3.30	3.50	1.57	1.00	5.00	-3.15	-0.50
Median [ms]	CG	15	501.73	487.00	70.19	413.00	635.00	487.21	461.50	107.31	355.00	781.00	-14.52	-25.50
	IG	11	490.55	506.00	35.42	421.00	533.00	468.60	441.50	70.87	397.00	611.00	-21.95	-64.50

Die *Anzahl der Fehler* bei der Daueraufmerksamkeitsleistung kann bei der Kontrollgruppe deutlicher verbessert werden als bei der Interventionsgruppe (Diff CG = -2.03; Diff IG = -0.50).

Die Veränderung ist nicht signifikant ($U = -.36$, $p = .72$). Der Boxplot (siehe Abbildung 4.15) illustriert Lage und Streuung der Fehleranzahl bei der Daueraufmerksamkeitsleistung zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe zu den beiden Testzeitpunkten.

Abbildung 4.15: Boxplot: Veränderung Fehler [Anzahl] im Daueraufmerksamkeitstest (DA) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 1

Bei der *Anzahl der Auslasser* kann sich die Interventionsgruppe (Diff = -3.15) deutlicher verbessern als die Kontrollgruppe (Diff = -1.51). Die Veränderung ist ebenfalls nicht signifikant ($U = -.09$, $p = .93$). Der Boxplot (siehe Abbildung 4.16) zeigt Lage und Streuung der Anzahl der Auslasser bei der Daueraufmerksamkeitsleistung zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe zu den beiden Testzeitpunkten.

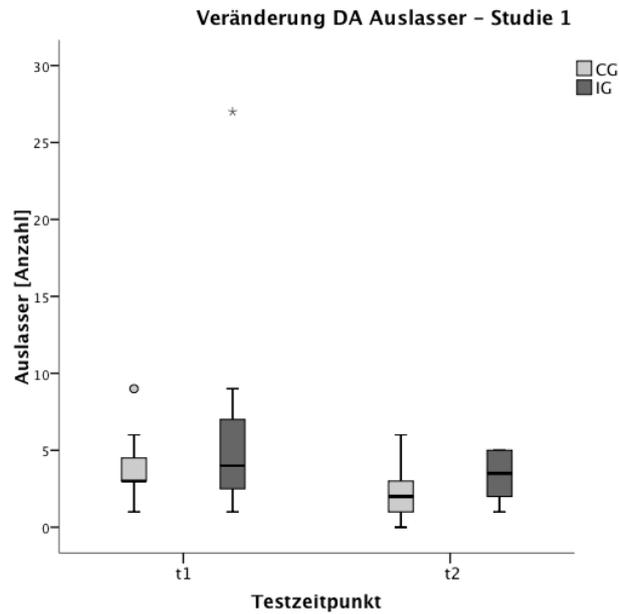


Abbildung 4.16: Boxplot: Veränderung Auslasser [Anzahl] im Daueraufmerksamkeitstest (DA) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 1

Der Median der Reaktionszeit kann sich ebenfalls in beiden Gruppen verbessern, auch hier verbessert sich die Interventionsgruppe deutlicher als die Kontrollgruppe (Diff IG = -21.95; Diff CG = -14.52). Die Veränderung ist nicht signifikant ($U = -.29$, $p = .77$). Der Boxplot (siehe Abbildung 4.17) zeigt anschaulich die Lage und Streuung des Medians bei der Daueraufmerksamkeitsleistung zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe zu den beiden Testzeitpunkten.

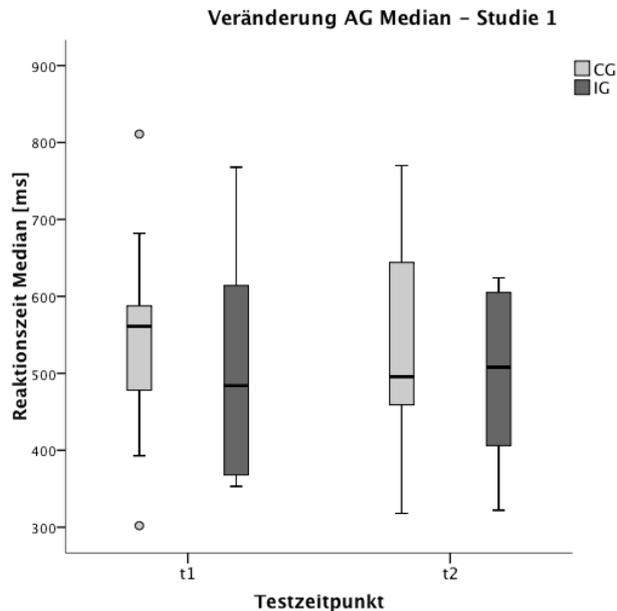


Abbildung 4.17: Boxplot: Veränderung Median [ms] im Daueraufmerksamkeitstest (DA) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 1

Somit müssen auch für alle drei Hypothesen zur Daueraufmerksamkeitsleistung die Alternativhypothesen abgelehnt und die Nullhypothesen formuliert werden:

UH3.1a DIE ANZAHL DER FEHLER IM DAUERAUFMERKSAMKEITSTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

UH3.2a DIE ANZAHL DER AUSLASSER IM DAUERAUFMERKSAMKEITSTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

UH3.3a DER MEDIAN DER REAKTIONSZEIT IM DAUERAUFMERKSAMKEITSTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

Es verbessern sich sowohl die IG als auch die CG, die Veränderungen sind statistisch nicht signifikant.

4.5.6 Veränderung des Wohlbefindens

MDBF

Verändert sich durch ein Ausdauertraining die habituelle Befindlichkeit?

Der MDBF (Mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen) untersucht die drei Bereiche GS (Gute-Schlechte Stimmung), WM (Wachheit-Müdigkeit) und RU (Ruhe-Unruhe).

Tabelle 4.15: Deskriptive Statistik – MDBF in Studie 1

		n	Testzeitpunkt 1					Testzeitpunkt 2					Differenz	
			M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn
GS	CG	15	32.80	33.00	4.21	25.00	38.00	33.60	34.00	4.58	25.00	39.00	0.80	1.00
	IG	11	30.27	31.00	4.03	25.00	37.00	30.64	31.00	4.32	21.00	38.00	0.37	0.00
WM	CG	15	28.80	30.00	6.04	16.00	37.00	29.80	29.00	5.61	22.00	39.00	1.00	-1.00
	IG	11	26.91	27.00	6.59	14.00	38.00	25.09	26.00	7.61	11.00	35.00	-1.82	-1.00
RU	CG	15	29.67	29.00	5.02	21.00	37.00	31.47	31.00	4.84	23.00	39.00	1.80	2.00
	IG	11	26.82	26.00	6.10	18.00	36.00	29.27	30.00	4.00	25.00	35.00	2.45	4.00

Bei der GS-Dimension verbessert sich die Kontrollgruppe um den Skalenswert 0.8 die Interventionsgruppe dagegen nur um 0.36. Da die Messwerte zu den einzelnen Zeitpunkten in den Gruppen normalverteilt sind, kann eine Mixed-Design ANOVA gerechnet werden mit einem Faktor Zeit und einem Faktor Gruppe. Die Veränderung über den Faktor Zeit ist nicht signifikant ($F[1, 24] = 0.50$, $p = 0.49$, $\eta^2 = 0.020$). Es ist keine signifikante Interaktion zwischen Gruppe und Zeit ($F[1, 24] = 0.07$, $p = 0.79$, $\eta^2 = 0.003$) existent. Der Boxplot (siehe Abbildung 4.18) zeigt erneut anschaulich die Veränderung von t1 zu t2 und die Unterschiede zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe.

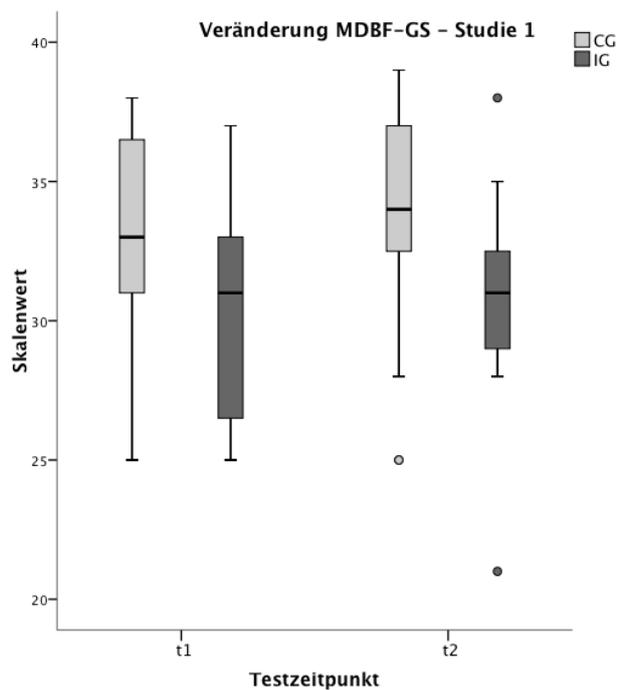


Abbildung 4.18: Boxplot: Veränderung Gute-Schlechte Stimmung (GS) im Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 1

Bei der WM-Dimension verbessert sich die Kontrollgruppe um den Skalenwert 1.0, die Interventionsgruppe dagegen verschlechtert sich um 1.81. Da die Messwerte zu den einzelnen Zeitpunkten in den Gruppen normalverteilt sind, kann auch hier ein Mixed-Design ANOVA gerechnet werden mit einem Faktor Zeit und einem Faktor Gruppe. Die Veränderung über den Faktor Zeit ist nicht signifikant ($F[1, 24] = 0.091$, $p = 0.76$, $\eta^2 = 0.004$). Es gibt keine signifikante Interaktion zwischen Gruppe und Zeit ($F[1, 24] = 1.084$, $p = 0.308$, $\eta^2 = 0.043$). Jedoch deutet die große Effektstärke darauf hin, dass die Interaktion bei einer größeren Stichprobe wahrscheinlich signifikant wird.

Der Boxplot (siehe Abbildung 4.19) zeigt nochmal einmal anschaulich die Veränderung von t1 zu t2 und die Unterschiede zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe bei der Dimension Wachheit-Müdigkeit.

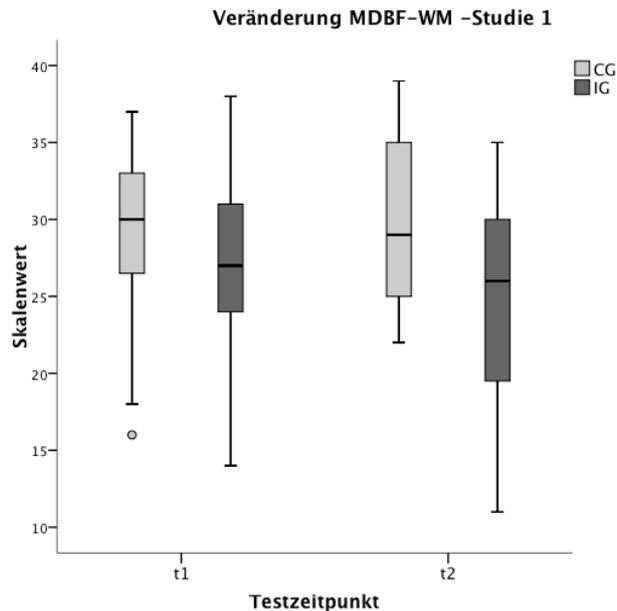


Abbildung 4.19: Boxplot: Veränderung Wachheit-Müdigkeit (WM) im Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 1

Bei der RU-Dimension verbessert sich die Kontrollgruppe um den Skalenwert 1.8, die Interventionsgruppe steigert sich um 2.45. Da die Messwerte zu den einzelnen Zeitpunkten in den Gruppen normalverteilt sind, kann eine Mixed-Design ANOVA mit einem Faktor Zeit und einem Faktor Gruppe gerechnet werden. Die Veränderung über den Faktor Zeit ist signifikant ($F[1, 24] = 4.42, p = 0.05, \eta^2 = 0.155$). Es gibt keine signifikante Interaktion zwischen Gruppe und Zeit ($F[1, 24] = 0.10, p = 0.75, \eta^2 = 0.004$).

Der Boxplot (siehe Abbildung 4.20) demonstriert die Veränderung von t1 zu t2 und die Unterschiede zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe bei der Dimension Ruhe-Unruhe.

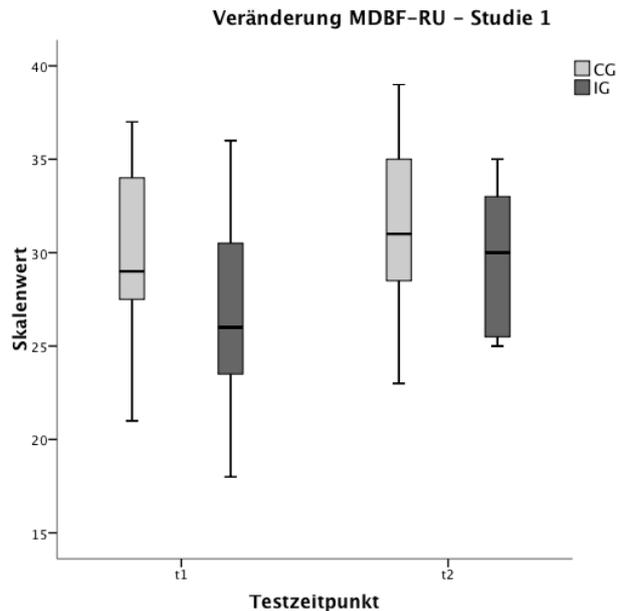


Abbildung 4.20: Boxplot: Veränderung Ruhe-Unruhe (RU) im Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 1

Der Zeiteffekt, welcher in der ANOVA als signifikant aufgedeckt wurde, wurde nun noch für jede Gruppe einzeln untersucht; die Differenzwerte der Interventions- und Kontrollgruppe wurden im Anschluss einmal zum Wert 0 miteinander verglichen. Da beide Variablen normalverteilt sind, erfolgte die Untersuchung mit dem t-Test für eine Stichprobe. Es zeigte sich keine signifikante Veränderung in der Kontrollgruppe ($t = 1.32$, $df = 14$, $p = 0.21$) und auch nicht in der Interventionsgruppe ($t = 1.68$, $p = 0.12$). Der Zeiteffekt lässt sich also nur bei der ANOVA nachweisen – bei der Betrachtung beider Gruppen gemeinsam.

Resümierend bedeutet dies:

- Bei der GS-Dimension hat der Faktor Zeit keinen signifikanten Einfluss und die Interaktion Zeit * Gruppe ist auch nicht signifikant.
- Bei der WM-Dimension hat der Faktor Zeit keinen signifikanten Einfluss und die Interaktion Zeit * Gruppe ist auch nicht signifi-

kant.

- Bei der RU-Dimension hat der Faktor Zeit einen signifikanten Einfluss, die Interaktion Zeit * Gruppe ist nicht signifikant.

UH4.1a DIE GS-DIMENSION IM MDBF UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

UH4.2a DIE WM-DIMENSION IM MDBF UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

UH4.3a DIE RU-DIMENSION IM MDBF UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

ADS

FRAGESTELLUNG V6A: VERÄNDERT SICH DURCH EIN VIERWÖCHIGES LAUFTRAINING DIE DEPRESSIONSYMPTOMATIK?

Die Überprüfung auf Normalverteilung zeigt lediglich, dass die ADS-Summenwerte zu t2 und die Differenzwerte nur für die Kontrollgruppe normalverteilt sind. Daher werden für die Überprüfung der Hypothesen nichtparametrische Tests angewendet.

Die Kontrollgruppe hat zu t1 einen niedrigeren ADS-Summenwert (MW = 9.33; SD = 4.47) als die IG (MW = 10.55; SD = 2.62) und verschlechtert sich zu t2 weiter um 0.53 auf den ADS-Summenwert MW = 8.80 (SD = 3.34). Die IG hingegen kann den Summenwert von t1 zu t2 um 0.91 verbessern (MW zu t2 = 11.45; SD = 4.57).

Tabelle 4.16: Deskriptive Statistik – ADS in Studie 1

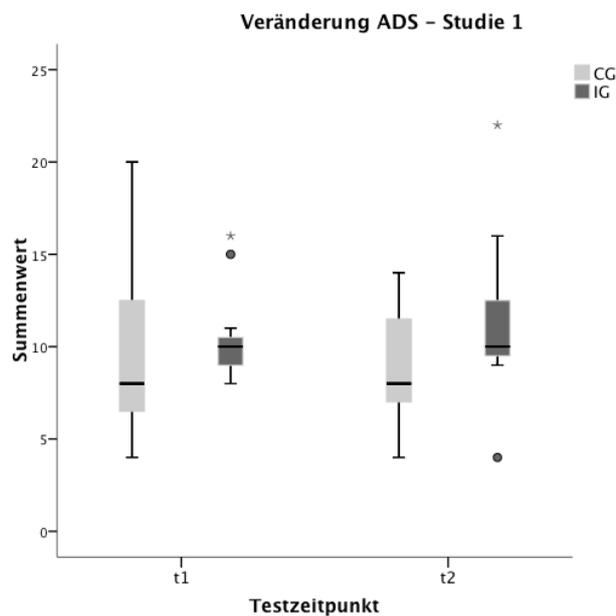
		Testzeitpunkt 1						Testzeitpunkt 2						Differenz	
		n	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	
Summenwert	CG	15	9.33	8.00	4.47	4.00	20.00	8.80	8.00	3.34	4.00	14.00	-0.53	0.00	
	IG	11	10.55	10.00	2.62	8.00	16.00	11.45	10.00	4.57	4.00	22.00	0.90	0.00	

Die Unterschiede zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe sind weder zu t1 ($U=-1.671$; $p=0.095$) noch zu t2 ($U=-1.411$; $p=0.158$) und auch nicht bei den Differenzwerten ($U=-0.997$; $p=0.319$) signifikant.

Zur Überprüfung von signifikanten Änderungen innerhalb der Gruppen wurden die Differenzwerte zum Wert 0 für jede Gruppe einzeln miteinander verglichen. Da die Variable nicht normalverteilt sind, wird der Wilcoxon-Test für eine Stichprobe verwendet. Es ergeben sich keine signifikanten Veränderungen in der Kontrollgruppe ($p=0.476$) und auch nicht in der Interventionsgruppe ($p=0.622$).

Der Boxplot (siehe Abbildung 4.21) belegt anschaulich die Veränderung von t1 zu t2 und die Unterschiede zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe für den Summenwert der Allgemeinen Depressionsskala.

Abbildung 4.21: Boxplot: Veränderung Summenwert der Allgemeinen Depressionsskala (ADS) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 1



Die Depressionssymptomatik kann sich in der Interventionsgruppe zwar verbessern, doch auch hier ist die Veränderung nicht signifikant ($U=-0.997$; $p=0.319$), die Nullhypothese muss formuliert werden:

UH6.1A DER ADS-SUMMENWERT UNTERSCHIEDET SICH SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

4.5.7 Veränderung der physischen Gesundheit

BMI

Der BMI blieb zwischen den beiden Testzeitpunkten nahezu unverändert.

Tabelle 4.17: Deskriptive Statistik – BMI der Stichprobe in Studie 1

		n	Testzeitpunkt 1					Testzeitpunkt 2					Differenz	
			M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn
BMI [kg/m ²]	CG	15	21.46	21.28	2.40	17.20	25.80	21.49	21.33	2.40	17.20	25.90	0.03	0.05
	IG	11	22.39	22.28	2.51	18.50	26.30	22.38	22.37	2.51	18.40	26.30	-0.01	0.09

UH8.1a DER BMI UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

4.5.8 Zusammenfassung der Ergebnisse

Trotz des kurzen Interventionszeitraums von 4 Wochen (8 Trainingseinheiten) konnte sich die Interventionsgruppe an der 2 mmol/l-Schwelle signifikant verbessern ((F[1, 24] = 5.06, p = 0.03, $\eta^2 = 0.174$). An der 4 mmol/l-Schwelle konnte sich die IG zwar auch deutlicher steigern als die Kontrolle, die Veränderung ist allerdings nicht signifikant (U = -1.71, p = 0.09).

Bei der Arbeitsgedächtnisleistung kann sich sowohl die IG als auch die CG bei allen drei Untersuchungsparametern verbessern. Dabei steigert

sich die Interventionsgruppe stets deutlicher als die Kontrollgruppe. Die Veränderungen zwischen den Gruppen sind für keinen der Untersuchungsparameter signifikant.

Ebenso können sich bei der Daueraufmerksamkeitsleistung sowohl die Kontrollgruppe als auch die Interventionsgruppe verbessern. Bei der Anzahl der Fehler kann sich die Kontrollgruppe deutlicher steigern als die Interventionsgruppe. Bei den Untersuchungsparametern Auslasser und Median fällt die Verbesserung der IG größer aus als die der CG.

Bei der Befindlichkeit zeigt sich der gleiche Trend wie bei der kognitiven Leistungsfähigkeit – auch hier verbessern sich sowohl die IG als auch die CG. Bei der GS- und WM-Dimension kann sich die CG deutlicher verbessern als die IG. Nur bei der RU-Dimension zeigt sich eine deutlichere Verbesserung der IG gegenüber der CG. Die Veränderung zwischen den Gruppen sind für keine der drei Dimensionen signifikant.

Beim Summenwert der Allgemeinen Depressionsskala kann die Interventionsgruppe zum Testzeitpunkt 2 gegenüber dem Testzeitpunkt 1 einen höheren Wert erzielen, die Kontrollgruppe dagegen verschlechtert sich in ihrer Depressionssymptomatik zwischen den Testzeitpunkten. Auch hier ist die Veränderung nicht signifikant.

4.5.9 Diskussion

Es sind Tendenzen zu Erkennung, die darauf hinweisen, dass sich die Interventionsgruppe bei der Arbeitsgedächtnisleistung und Daueraufmerksamkeitsleistung mehr verbessern kann als die Kontrollgruppe. Da keine signifikanten Veränderungen zwischen IG und CG erreicht werden, gilt es nun, Art und Dauer der Intervention zu überdenken. In bisherigen Studien wurden im Wesentlichen der Einfluss eines aeroben Ausdauertrainings auf die kognitive Leistungsfähigkeit untersucht (Reinhardt, 2009; Schott, 2008; Pontifex, Hillman, Fernhall, Thompson und Valentini, 2009). Doch nach Hollman und Strüder (2003) sind auch aerobe dynamische Belastungen und koordinative Beanspruchungen besonders geeignet, um strukturelle Veränderungen im menschlichen Gehirn zu

erzielen. Doch hier fehlen aktuell gesicherte Erkenntnisse aus Interventionsstudien. Die im Folgenden beschriebene Studie 2 möchte einen Teil dazu beitragen, diese Forschungslücke zu schließen.

4.6 Studie 2 – Aerobictraining mit Studierenden

4.6.1 Hintergrund

Im Gegensatz zur Studie 1, in welcher die signifikante Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit im Fokus stand, soll die Intervention in der nun folgenden Studie neben der Verbesserung der Ausdauer auch die koordinativen Fähigkeiten verbessern. Denn nach Fleig (2008) sind „[...] koordinative, also zentralnervös determinierte Aktivitäten förderlicher für die mittel- und langfristige Entwicklung kognitiver Fähigkeiten [...], als Bewegungsaufgaben, die eher durch energetische Prozesse (Kraft, Ausdauer) bestimmt sind“. Daher wurde in dieser Studie ein Aerobictraining als Interventionsmethode gewählt und der Trainingszeitraum wurde im Vergleich zur Studie 1 von 4 auf 6 Wochen erhöht. Da in der vorliegenden Thesis nur die Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit von Interesse ist, siehe für eine ausführliche Beschreibung des Trainings und für die Erhebung und die Ergebnisse der koordinativen Fähigkeiten Jansen und Werner (2009).

4.6.2 Methode

In dieser Studie fand nicht wie zuvor in Studie 1 eine beliebige Zuordnung zur Interventions- oder Kontrollgruppe, sondern eine stratifizierte Randomisierung statt.

Kontroll- und Interventionsgruppe

An der Studie 2 – Aerobictraining mit Studierenden nahmen insgesamt 25 Studierende teil, 13 in der Kontrollgruppe, 12 in der Interventionsgruppe.

Kontrollgruppe. Die Kontrollgruppe bestand aus 13 Studierenden ($m = 6$; $w = 7$). Das Durchschnittsalter der Kontrollgruppe betrug insgesamt 23.5 Jahre ($SD = 3.3$). Der jüngste Proband war 18.2 Jahre, die älteste 30.2 Jahre.

Interventionsgruppe. Die Interventionsgruppe bestand aus 12 Studierenden ($m = 4$; $w = 8$). Das Durchschnittsalter betrug insgesamt 24.8 Jahre ($SD = 3.72$). Die jüngste Probandin war 20.3 Jahre, die älteste 33.9 Jahre.

Tabelle 4.18: Deskriptive Statistik – Alter der Stichprobe in Studie 2

		Kontrollgruppe						Interventionsgruppe						Gesamt					
		n	M	Mdn	SD	Min	Max	n	M	Mdn	SD	Min	Max	n	M	Mdn	SD	Min	Max
Alter [Jahre]	♂	6	32.3	24.0	3.0	18.2	25.8	4	26.2	27.2	2.3	22.8	27.5	10	24.5	25.6	3.0	18.2	27.5
	♀	7	23.7	24.1	3.8	18.4	30.2	8	24.2	23.1	4.2	20.3	33.9	15	23.9	23.6	3.9	18.4	33.9
	Gesamt	13	23.5	24.1	3.3	18.2	30.2	12	24.8	24.0	3.7	20.3	33.9	25	24.1	24.1	3.5	18.2	33.9

Die Interventionsgruppe hat einen BMI von 24.79 ($Mdn = 23.3$, $SD = 4.24$) und befindet sich damit nur noch knapp im Normbereich (siehe Abbildung 4.22). Die Kontrollgruppe hatte einen BMI $M = 22.65$ ($Mdn = 22.2$, $SD = 4.18$) und befindet sich im Normbereich (siehe Abbildung 4.22).

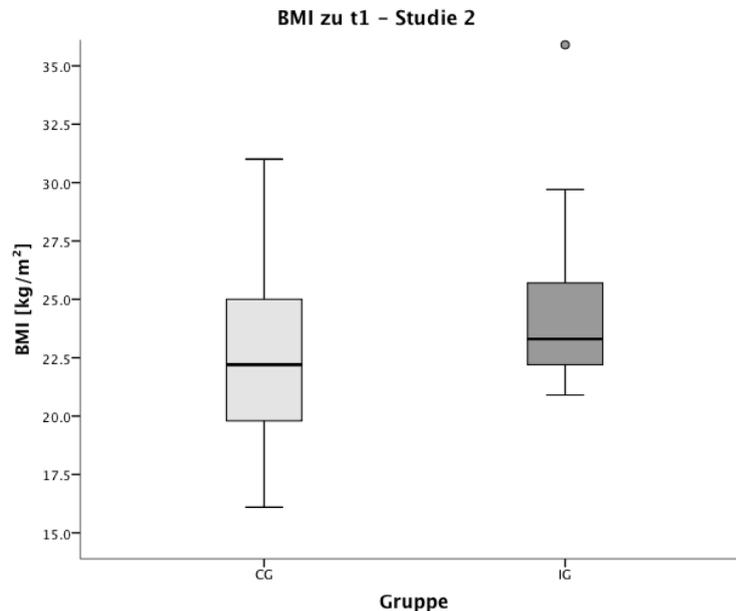


Abbildung 4.22: Boxplot Studie 1: BMI zu Testzeitpunkt 1 (t1) von der Kontrollgruppe (CG) und der Interventionsgruppe (IG)

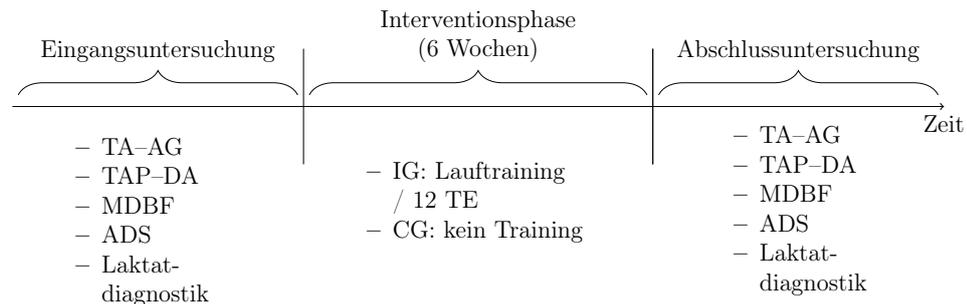
Untersuchungsdesign

Über einen Zeitraum von sechs Wochen nahmen die Probanden der Interventionsgruppe an durchschnittlich 10.2 ± 1.62 Trainingseinheiten teil. Die Probanden konnten für jede Trainingseinheit frei wählen, zwischen der Teilnahme an einem Tai-Bo-, Dance-Aerobic-, Power-Aerobic- oder Step-Aerobic-Kurs. Am häufigsten besuchten die Probanden den Tai-Bo-Kurs ($4.3\text{-mal} \pm 1.0$). An den Dance- und Power-Aerobic-Kursen nahmen die Testpersonen durchschnittlich jeweils $2,6\text{-mal}$ teil (Dance-Aerobic: ± 1.4 ; Power-Aerobic: ± 0.8). Step-Aerobic wurde lediglich 0.8-mal (± 1.00) besucht.

Die Eingangstests (t1) wurden eine Woche vor Interventionsbeginn durchgeführt. In der Woche nach der 6-wöchigen Intervention wurden die Probanden erneut getestet (t2). Bei den individuellen Terminvereinbarungen zu den Tests wurde bei den Eingangs- und Abschlusstests darauf geachtet, dass jeder Proband zunächst die Kognitionstests absolvierte, bevor er am 2 km-Walking-Test partizipierte. Da der 2 km-Walking-Test aus organisatorischen Gründen nicht direkt im Anschluss an die

Kognitions- und Koordinationstests durchgeführt werden konnte, musste mit den Probanden hierfür ein separater Termin vereinbart werden. Die Eingangstests (wie auch die Abschlusstests) nahmen insgesamt ca. 85 Minuten pro Proband in Anspruch. Jede Testperson wurde vor Beginn der Tests aufgefordert, Fragebögen (Probandendaten, Einverständniserklärung, Anamnese, demografische Daten, persönliche Daten, ADS und MDBF) auszufüllen. Darauf folgten die Kognitionstests, welche wie auch schon in Studie 1 in einem separaten, ruhigen Raum durchgeführt wurden. Der 2 km-Walking-Test fand an einem gesonderten Termin statt. Bei den Abschlusstests wurden alle Testverfahren verwendet, welche bereits bei t1 zur Anwendung kamen. Lediglich die Fragebögen wurden modifiziert, indem die Einverständniserklärung und Fragen zu demografischen Daten exkludiert wurden. Für den Ablauf des gesamten Studienverlaufs siehe untenstehende Abbildung 4.23 .

Abbildung 4.23: Studiendesign: Studie 2



4.6.3 Fragestellungen und Hypothesen

Das zentrale Ziel dieser Studie besteht darin, zu überprüfen, ob durch den verlängerten Interventionszeitraum und das veränderte Training (nicht mehr reines Ausdauertraining, sondern koordinativ anspruchsvolles Aerobictraining) die in Studie 1 aufgedeckten Veränderungen signifikant werden. Auch hier steht die Frage im Fokus, ob sich durch das Aerobictraining die Ausdauerleistungsfähigkeit signifikant ändert. Im Weiteren sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Verändert sich durch das Ausdauertraining die kognitive Leistungsfähigkeit (Arbeitsgedächtnisleistung und Daueraufmerksamkeitsleistung)?
- Verändert sich durch das Ausdauertraining das Wohlbefinden (habituelle Befindlichkeit und Depressionssymptomatik)?
- Verändert sich durch das Ausdauertraining der BMI?

Die entsprechenden Alternativhypothesen lauten

- für die Überprüfung der Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit:

UH1.3b Die Ausdauerleistungsfähigkeit bei der Gehzeit im 2 km-Walking-Test unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

- für die Überprüfung der Veränderung der Arbeitsgedächtnisleistung:

UH2.1b Die Anzahl der Fehler im Arbeitsgedächtnistest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH2.2b Die Anzahl der Auslasser im Arbeitsgedächtnistest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH2.3b Der Median der Reaktionszeit im Arbeitsgedächtnistest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

- für die Überprüfung der Veränderung der Daueraufmerksamkeitsleistung:

UH3.1b Die Anzahl der Fehler im Daueraufmerksamkeitstest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH3.2b Die Anzahl der Auslasser im Daueraufmerksamkeitstest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH3.3b Der Median der Reaktionszeit im Daueraufmerksamkeitstest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

– für die Überprüfung der Veränderung der psychischen Gesundheit:

UH4.1b Die GS-Dimension im MDBF unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH4.2b Die WM-Dimension im MDBF unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH4.3b Die RU-Dimension im MDBF unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH6.1a Der ADS-Summenwert unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

– für die Überprüfung der Veränderung der physischen Gesundheit:

UH8.1a Der BMI unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

4.6.4 Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit

Gehzeit 2 km-Strecke

Die Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit von t1 zu t2 wurde in Studie 2 anhand der Gehzeit [sec] für die 2 km-Strecke des Walking-Tests analysiert. Die IG wurde um 29.3 Sekunden zwischen den Testzeitpunkten schneller (Diff Mdn = -19.5 sec), die Kontrollgruppe wurde von Testzeitpunkt 1 zu Testzeitpunkt 2 um 7.1 Sekunden langsamer (Diff Mdn = -5.0).

Tabelle 4.19: Deskriptive Statistik – Walkingzeit in Sekunden (sec) der Stichprobe von Studie 2

		n	Testzeitpunkt 1					Testzeitpunkt 2					Differenz	
			M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn
Gehzeit [sec]	CG	13	1067.00	1069.00	88.12	935.00	1273.00	1074.08	1074.00	80.66	949.00	1226.00	7.08	5.00
	IG	12	1026.33	1019.00	59.04	964.00	1173.00	997.08	999.50	70.416	904.00	1158.00	-29.25	-19.50

Die ANOVA ergibt keine signifikante Veränderung zwischen Gruppe * Zeit ($F[1, 23] = 2.52, p = .12, \eta^2 = .099$), somit wird die Alternativhypothese abgelehnt und die Nullhypothese formuliert:

UH1.3B DIE GEHZEIT IM 2 KM- WALKINGTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

Da hier keine signifikanten Veränderungen auftreten, sind alle weiteren Interpretationen vorsichtig zu betrachten. Es ist jedoch anzunehmen, dass eine größere Stichprobenzahl bei der Walking-Gehzeit über 2 Kilometer ein signifikantes Ergebnis erzielt, denn mit einem $\eta^2 = .099$ liegt ein mittlerer bis nahezu großer Effekt vor, welcher fast 10 % der Varianz erklärt.

4.6.5 Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit

Arbeitsgedächtnis

Beim Arbeitsgedächtnistest kann sowohl die Interventions- als auch die Kontrollgruppe für alle drei Untersuchungsparameter (Fehler, Auslasser, Median) ihre Leistung verbessern. Siehe Tabelle 4.20.

Tabelle 4.20: Deskriptive Statistik – Arbeitsgedächtnistest in Studie 2

		n	Testzeitpunkt 1					Testzeitpunkt 2					Differenz	
			M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn
Fehler [Anzahl]	CG	13	1.15	1.00	1.14	0.00	3.00	0.69	0.00	0.95	0.00	3.00	-0.46	-1.0
	IG	12	1.83	1.00	3.27	0.00	12.00	0.75	0.00	1.22	0.00	4.00	-1.08	-1.0
Auslasser [Anzahl]	CG	13	1.46	1.00	1.20	0.00	4.00	0.77	0.00	1.01	0.00	3.00	-0.69	-1.0
	IG	12	2.67	1.00	4.38	0.00	15.00	1.83	1.00	2.21	0.00	6.00	-0.84	0.0
Median [ms]	CG	13	599.38	552.00	209.85	330.00	1112.00	529.77	486.00	147.53	343.00	782.00	-69.61	-66.0
	IG	12	635.45	619.00	76.26	496.00	769.00	618.00	621.00	137.03	420.00	901.00	-17.45	2.0

Bei der *Anzahl der Fehler* im Arbeitsgedächtnistest verbessert sich die Interventionsgruppe, welche mit $M = 1.83$ ($SD = 3.27$) mehr Fehler zum Testzeitpunkt 1 macht als die Kontrollgruppe ($M = 1.15$, $SD = 1.14$) deutlicher ($Diff = -1.08$ Fehler) als die Kontrollgruppe ($Diff = -0.46$ Fehler). Die Veränderung bei der Anzahl der Fehler ist nicht signifikant ($U = -.14$, $p = .87$). Der Boxplot (siehe Abbildung 4.24) zeigt anschaulich die Lage und Streuung der Fehleranzahl beim Arbeitsgedächtnistest zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe zu den beiden Testzeitpunkten.

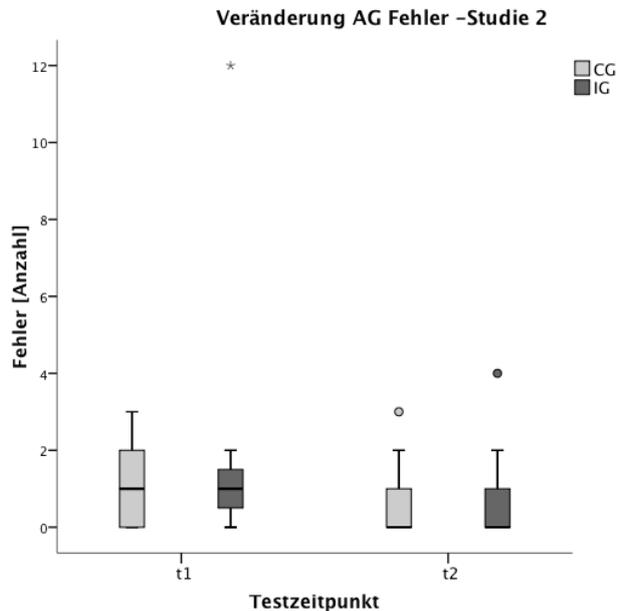


Abbildung 4.24: Boxplot: Veränderung Fehler [Anzahl] im Arbeitsgedächtnistest (AG) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 2

Auch bei der *Anzahl der Auslasser* hat die Interventionsgruppe zum Testzeitpunkt 1 eine größere Anzahl Auslasser ($M = 2.67$, $SD = 4.38$) als die Kontrollgruppe ($M = 1.46$, $SD = 1.20$). Die Interventionsgruppe kann sich jedoch bis zum Testzeitpunkt 2 lediglich um durchschnittlich 0.8 Auslasser verbessern und macht somit beim Testzeitpunkt 2 durchschnittlich 1.83 Fehler ($SD = 2.21$). Die Kontrollgruppe verbessert sich um durchschnittlich 0.69 Auslasser und macht beim Testzeitpunkt 2 0.77 Auslasser ($SD = 1.01$). Die Veränderung bei der Anzahl der Auslasser ist ebenfalls nicht signifikant ($U = -1.18$, $p = .24$). Der Boxplot (siehe Abbildung 4.25) demonstriert die Lage und Streuung bei der Anzahl der Auslasser beim Arbeitsgedächtnistest zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe zu den beiden Testzeitpunkten äußerst anschaulich.

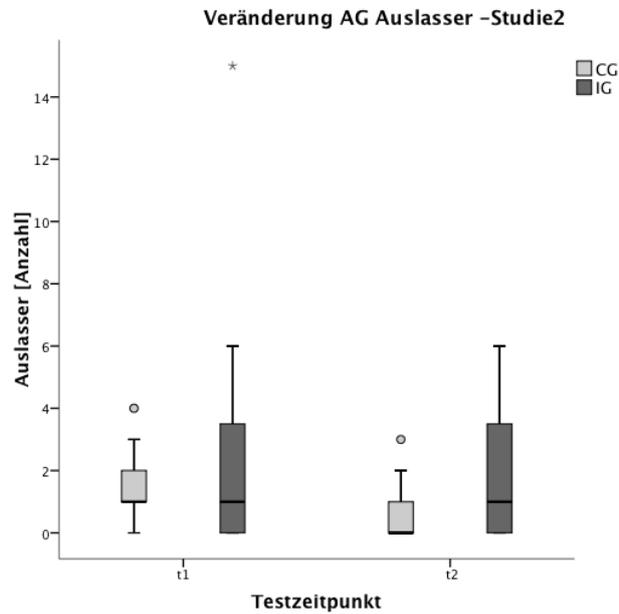


Abbildung 4.25: Boxplot: Veränderung Auslasser [Anzahl] im Arbeitsgedächtnistest (AG) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 2

Beim Arbeitsgedächtnistest verbessert sich die Kontrollgruppe im *Median* der Reaktionszeit mit 69.7 Millisekunden wesentlich deutlicher als die Interventionsgruppe mit mit 17.5 Millisekunden. Die Interaktion von Zeit * Gruppe ist nahezu signifikant ($F[1, 22] = 1.21, p = .28, \eta^2 = .052$). Der Boxplot (siehe Abbildung 4.26) zeigt anschaulich die Lage und Streuung des Medians beim Arbeitsgedächtnistest zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe zu den beiden Testzeitpunkten.

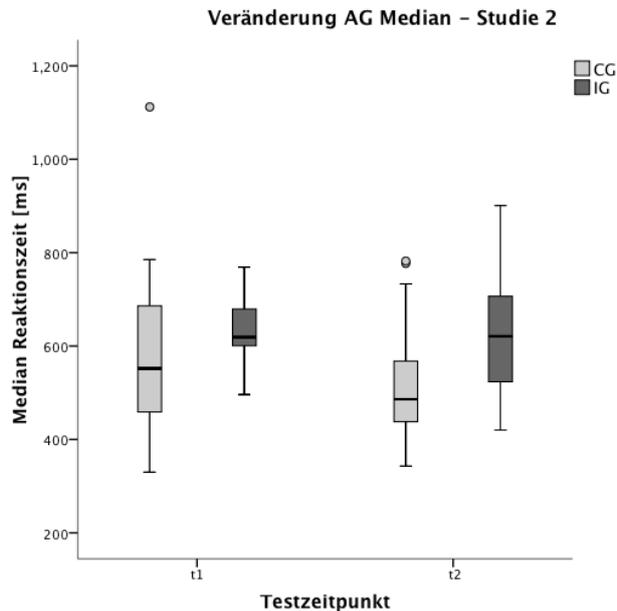


Abbildung 4.26: Boxplot: Veränderung Median der Reaktionszeit (ms) im Arbeitsgedächtnistest (AG) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 2

Somit müssen alle Alternativhypothesen, welche die Arbeitsgedächtnisleistung in Studie 2 untersuchen, abgelehnt und die Nullhypothesen formuliert werden:

UH2.1b DIE ANZAHL DER FEHLER IM ARBEITSGEDÄCHTNISTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

UH2.2b DIE ANZAHL DER AUSLASSER IM ARBEITSGEDÄCHTNISTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

UH2.3b DER MEDIAN DER REAKTIONSZEIT IM ARBEITSGEDÄCHTNISTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

Daueraufmerksamkeit

Bei der Betrachtung der Daueraufmerksamkeitsleistung ergibt sich ein

ähnliches Bild wie bei der Arbeitsgedächtnisleistung; sowohl IG als auch CG verbessern sich bezüglich der Anzahl der Fehler als auch bei der Anzahl der Auslasser sowie beim Median. Allerdings ist beim Daueraufmerksamkeitstest zu erkennen, dass sich die Interventionsgruppe signifikant in Relation zu der Kontrollgruppe verbessert (siehe Tabelle 4.21)

Tabelle 4.21: Deskriptive Statistik – Daueraufmerksamkeitstest in Studie 2

		n	Testzeitpunkt 1					Testzeitpunkt 2					Differenz	
			M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn
Fehler [Anzahl]	CG	13	6.31	2.00	13.73	0.00	51.00	4.77	1.00	10.54	0.00	39.00	-1.54	-1.00
	IG	12	6.08	3.00	6.56	0.00	21.00	1.42	0.00	2.61	0.00	9.00	-4.66	-3.00
Auslasser [Anzahl]	CG	13	5.54	3.00	5.47	0.00	20.00	5.31	4.00	3.82	0.00	14.00	-0.23	1.00
	IG	12	6.83	3.50	7.98	2.00	29.00	3.92	2.00	4.54	0.00	16.00	-2.91	-1.50
Median [ms]	CG	13	583.38	543.00	160.75	391.00	927.00	556.00	532.00	116.32	409.00	822.00	-27.38	-11.00
	IG	12	582.75	529.50	118.68	478.00	858.00	547.17	501.00	115.31	454.00	858.00	-35.58	-28.50

Zum Testzeitpunkt 1 begehen die Probanden der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe nahezu gleich viele Fehler (IG: $M = 6.08$, $SD = 6.56$; CG: $M = 6.31$, $SD = 13.73$). Die IG kann sich bis zum Testzeitpunkt 2 um 4.7 Fehler auf 1.4 Fehler ($SD = 2.6$) verbessern und die CG um 1.5 Fehler auf durchschnittlich 4.8 Fehler ($SD = 10.54$). Die Veränderung unterscheidet sich signifikant zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe ($U = -2.19$, $p = .03$).

Der Boxplot (siehe Abbildung ??) zeigt anschaulich Lage und Streuung der Fehleranzahl beim Daueraufmerksamkeitstest zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe zu den beiden Testzeitpunkten.

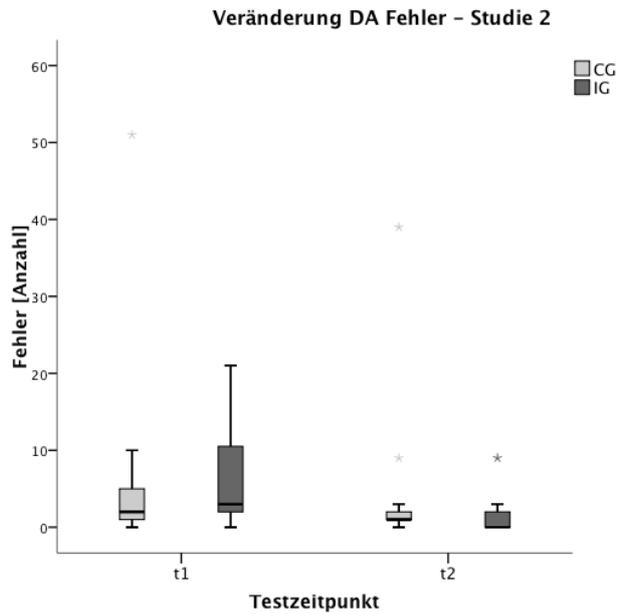


Abbildung 4.27: Boxplot: Veränderung Fehler [Anzahl] im Daueraufmerksamkeitstest (DA) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 2

Bei den Auslassern verbessert sich die Interventionsgruppe von 6.8 Auslassern (SD = 7.98) zu t1 um weitere 2.9 Auslasser auf 3.9 (SD = 4.54) Auslasser zu t1. Die Kontrollgruppe verbessert sich von 5.5 Auslassern (SD = 5.47) zu t1 um 0.2 Auslasser auf 5.3 Auslasser zu t1. Die Veränderung unterscheidet sich nicht signifikant zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe ($U = -0.72$, $p = .47$). Der Boxplot (siehe Abbildung 4.28) belegt deutlich die Lage und Streuung der Anzahl der Auslasser beim Daueraufmerksamkeitstest zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe zu den beiden Testzeitpunkten.

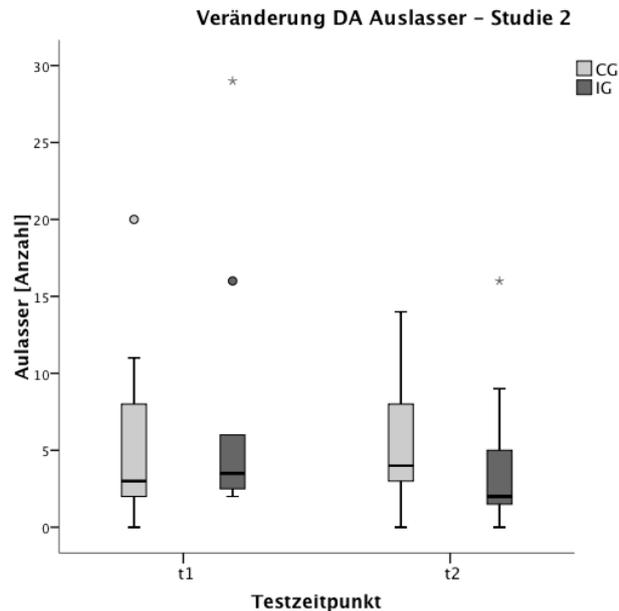


Abbildung 4.28: Boxplot: Veränderung Auslasser [Anzahl] im Daueraufmerksamkeitstest (DA) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 2

Beim Median der Reaktionszeit starten die beiden Gruppen auf nahezu identischem Niveau (IG: $M = 582.75$, $SD = 118.68$; CG = 583.38 , $SD = 160.75$), die Interventionsgruppe kann ihre Reaktionszeit jedoch um 35.7 Millisekunden steigern, die Kontrollgruppe lediglich um 27.4 Millisekunden. Die Veränderung unterscheidet sich nicht signifikant zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe ($U = -1.06$, $p = .29$). Der Boxplot (siehe Abbildung ??) zeigt anschaulich die Lage und Streuung des Medians beim Daueraufmerksamkeitstest zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe zu den beiden Testzeitpunkten.

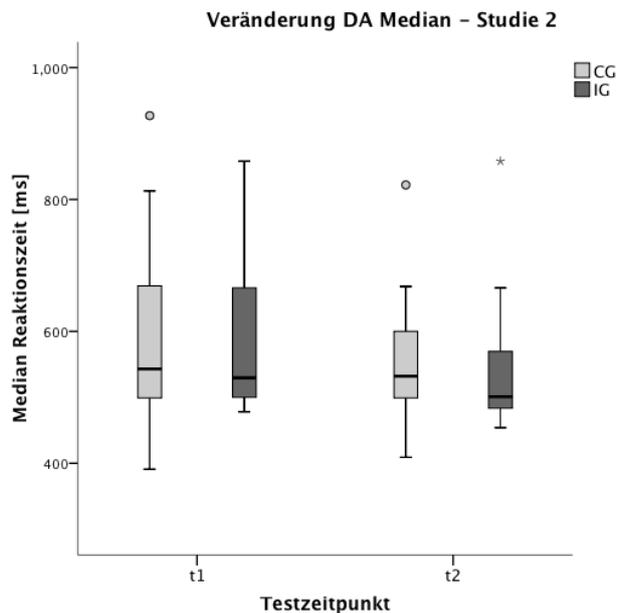


Abbildung 4.29: Boxplot: Veränderung Median der Reaktionszeit [ms] im Daueraufmerksamkeitstest (DA) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 2

Somit lässt sich für die Hypothesen zur Daueraufmerksamkeitsleistung das Folgende konkludieren:

Die Alternativhypothese UH3.1b DIE ANZAHL DER FEHLER IM DAUERAUFMERKSAMKEITSTEST UNTERSCHIEDEN SICH SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT kann beibehalten werden:

* UH3.1b DIE ANZAHL DER FEHLER IM DAUERAUFMERKSAMKEITSTEST UNTERSCHIEDEN SICH SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT. *

Die Alternativhypothesen UH3.2b und UH3.2c müssen abgelehnt und die Nullhypothese muss formuliert werden:

UH3.2b DIE ANZAHL DER AUSLASSER IM DAUERAUFMERKSAMKEITSTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

4.6.6 Veränderung des Wohlbefindens

MDBF

Der MDBF (Mehrdimensionaler Befindlichkeitsfragebogen) untersucht die drei Bereiche GS (Gute-Schlechte Stimmung), WM (Wachheit-Müdigkeit) und RU (Ruhe-Unruhe).

Bei der GS-Dimension verschlechtert sich die Kontrollgruppe um den Skalenwert 6,08 (SD 6,29), die Interventionsgruppe verschlechtert sich etwas weniger um den Skalenwert 5.00 (SD 7,94). Da die Messwerte zu den einzelnen Zeitpunkten in den Gruppen normalverteilt sind, kann eine Mixed-Design ANOVA gerechnet werden mit einem Faktor Zeit und einem Faktor Gruppe. Die Veränderung über den Faktor Zeit ist signifikant ($F=15,065$; $df=1$; $p= 0.001$; $Eta2=0.396$). Es gibt keine signifikante Interaktion zwischen Gruppe und Zeit ($F=0.142$; $df=1$; $p= 0.709$; $Eta2=0.006$).

Tabelle 4.22: Deskriptive Statistik – MDBF in Studie 2

		n	Testzeitpunkt 1					Testzeitpunkt 2					Differenz	
			M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn
GS	CG	13	30.23	31.00	4.85	21.00	39.00	24.15	23.00	6.41	15.00	36.00	-6.08	-8.00
	IG	12	32.00	34.50	6.16	21.00	40.00	27.00	28.00	6.19	18.00	34.00	-5.00	-6.50
WM	CG	13	30.69	31.00	6.58	20.00	40.00	28.23	29.00	6.56	15.00	39.00	-2.46	-2.00
	IG	12	33.58	35.50	4.23	24.00	38.00	28.08	27.50	3.06	21.00	33.00	-5.50	-8.00
RU	CG	13	24.85	24.00	5.97	16.00	35.00	27.46	28.00	6.49	20.00	20.00	2.61	4.00
	IG	12	27.33	29.00	5.91	16.00	35.00	30.83	30.50	4.39	23.00	38.00	3.50	1.50

Bei der Betrachtung der Profilplots und beim Test der Zwischensubjekt-effekte zeigt sich, dass die Haupteffekte interpretierbar sind; die Zeit hat signifikanten Einfluss, die Gruppe nicht ($F=1.482$; $df = 1$; $p = 0.236$; $Eta2 = 0.061$).

Der Zeiteffekt, welcher in der ANOVA als signifikant aufgedeckt wurde, wurde nun noch für jede Gruppe einzeln untersucht; die Differenzwerte der Interventions- und Kontrollgruppe wurden im Anschluss zum Wert 0 miteinander verglichen. Da beide Variablen normalverteilt sind, erfolgte die Untersuchung mit dem t-Test für eine Stichprobe. Es zeigte sich eine signifikante Veränderung in der Kontrollgruppe ($t=-3.483$, $df=12$, $p=0.005$) und beinahe auch in der Interventionsgruppe ($t=-2.181$, $df=11$, $p=0.052$). Der Zeiteffekt lässt sich also signifikant nur für die CG nachweisen.

Das Boxplot-Diagramm (siehe Abbildung 4.30) zeigt erneut anschaulich die Veränderung von t1 zu t2 und die Unterschiede zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe für die Dimension Gute-Schlechte Stimmung.

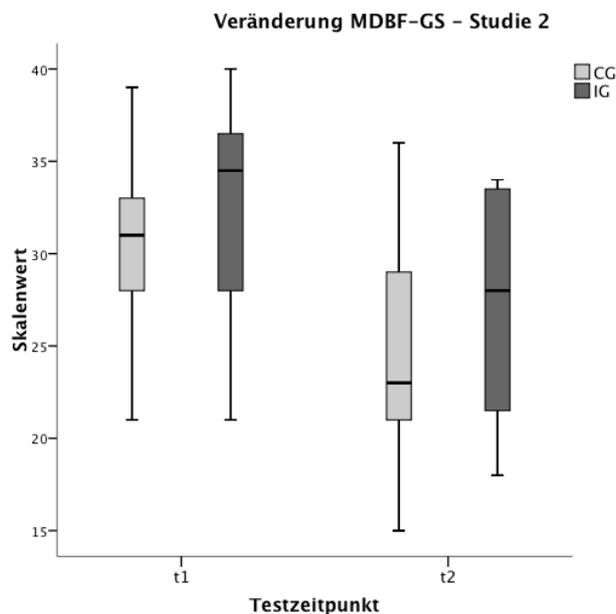


Abbildung 4.30: Boxplot: Veränderung Gute-Schlechte Stimmung (GS) im Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 2

Bei der WM-Dimension verschlechtert sich die Kontrollgruppe um den Skalenwert 2.46 (SD 6,06) und die Interventionsgruppe noch deutlicher um 5.5 (SD 3.03). Da die Voraussetzungen für die ANOVA nicht erfüllt sind, erfolgen die einzelnen Untersuchungen der Faktoren über t-Tests.

Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind für den Testzeitpunkt 1 nicht signifikant ($t=-1.295$, $df=23$, $p=0.208$), auch nicht für den Testzeitpunkt t2 ($t=0.73$, $df=17,27$, $p=0.943$). Die Differenzwerte unterscheiden sich ebenfalls nicht signifikant ($t=1.563$; $df=23$, $p=0.132$).

Vergleicht man die Differenzwerte über die Zeit (zum Wert 0), so ergeben sich keine signifikanten Veränderungen in der CG ($t=-1.464$, $df=112$, $p=0.169$). Die negative Veränderung der IG über die Zeit ist jedoch signifikant ($t=-6,288$, $df=11$, $p=0.00$).

Der Boxplot (siehe Abbildung 4.31) belegt die Veränderung von t1 zu t2 und die Unterschiede zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe für die Dimension Wachheit-Müdigkeit.

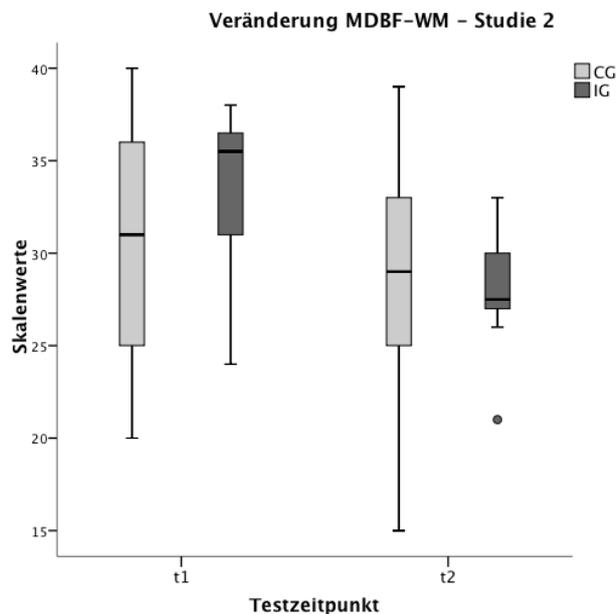


Abbildung 4.31: Boxplot: Veränderung Wachheit-Müdigkeit (WM) im Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 2

Bei der RU-Dimension verbessert sich die Kontrollgruppe um den Skalenwert 2.62 (SD 6,33), die Interventionsgruppe um 3.5 (SD 6,47). Da die Messwerte zu den einzelnen Zeitpunkten in den Gruppen normalverteilt sind, kann eine Mixed-Design ANOVA gerechnet werden mit einem Faktor Zeit und einem Faktor Gruppe. Die Veränderung über den Faktor

Zeit ist signifikant ($F=5,697$; $df=1$; $p= 0.026$; $\text{Eta}^2=0.199$). Es gibt keine signifikante Interaktion zwischen Gruppe und Zeit ($F=0.119$; $df=1$; $p= 0.733$; $\text{Eta}^2=0.005$). Die Betrachtung der Zwischensubjekteffekte substantiiert, dass die Gruppe keinen signifikanten Einfluss hat ($F=2,328$; $df = 1$; $p= 0.092$). Die Haupteffekte sind insofern interpretierbar, die Zeit hat Einfluss, die Gruppe nicht.

Der Boxplot (siehe Abbildung 4.32) untermauert die Veränderung von t1 zu t2 und die Unterschiede zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe für die Dimension Ruhe-Unruhe.

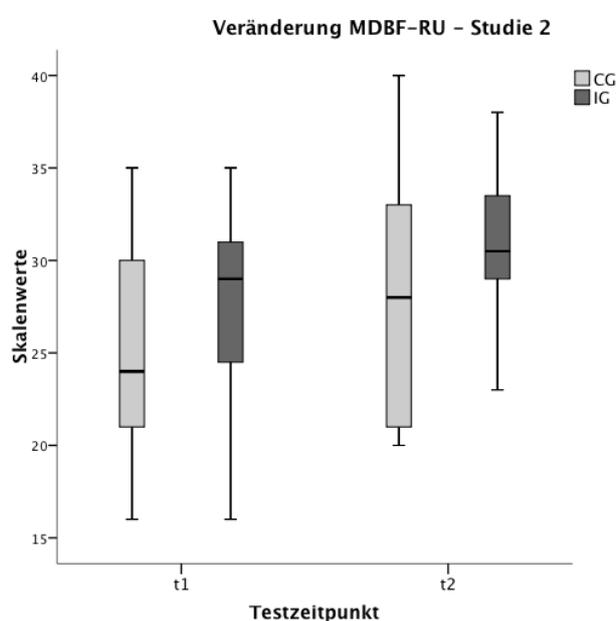


Abbildung 4.32: Boxplot: Veränderung Ruhe-Unruhe (RU) im Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 2

Ergebnis

Aggregierend kann festgehalten werden:

FRAGESTELLUNG V4B: VERÄNDERT SICH DURCH EIN SECHSWÖCHIGES AEROBICTRAINING DIE BEFINDLICHKEIT?

→ BEI DER GS-DIMENSION HAT DER FAKTOR ZEIT SIGNIFIKANTEN EINFLUSS UND DIE INTERAKTION ZEIT*GRUPPE IST NICHT SIGNIFI-

KANT. DER ZEITEFFEKT LÄSST SICH NUR FÜR DIE CG ALS SIGNIFIKANT NACHWEISEN.

→ BEI DER WM-DIMENSION GIBT ES KEINE SIGNIFIKANTEN UNTERSCHIEDE ZWISCHEN IG UND CG ZU T1 UND T2 UND AUCH KEINE UNTERSCHIEDE BEZÜGLICH DER DIFFERENZWERTE. DIE NEGATIVEN VERÄNDERUNGEN DER IG SIND ÜBER DIE ZEIT SIGNIFIKANT.

→ BEI DER RU-DIMENSION HAT DER FAKTOR ZEIT EINEN SIGNIFIKANTEN EINFLUSS, DIE INTERAKTION ZEIT*GRUPPE IST NICHT SIGNIFIKANT.

UH4.1b DIE GS-DIMENSION IM MDBF UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

UH4.2b DIE WM-DIMENSION IM MDBF UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

UH4.3b DIE RU-DIMENSION IM MDBF UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

ADS

FRAGESTELLUNG V6B: VERÄNDERT SICH DURCH EIN SECHSWÖCHIGES AEROBICTRAINING DIE DEPRESSIONSSYMPATOMATIK?

Die Überprüfung auf Normalverteilung zeigt, dass laut Test und QQ-Plots alle ADS-Summenwerte annähernd normalverteilt sind. Somit kann die ANOVA gerechnet werden.

Die Kontrollgruppe hat zu t1 einen höheren ADS-Summenwert (MW=10.08; SD=6.69) als die IG (MW=8.42; SD=4.85) und verbessert sich zu t2 weiter um 0.92 auf den ADS-Summenwert MW=11.00 (SD=5.54). Die IG hingegen verschlechtert sich im Summenwert von t1 zu t2 um -1.83 (MW zu t2=6.58; SD = 5.12).

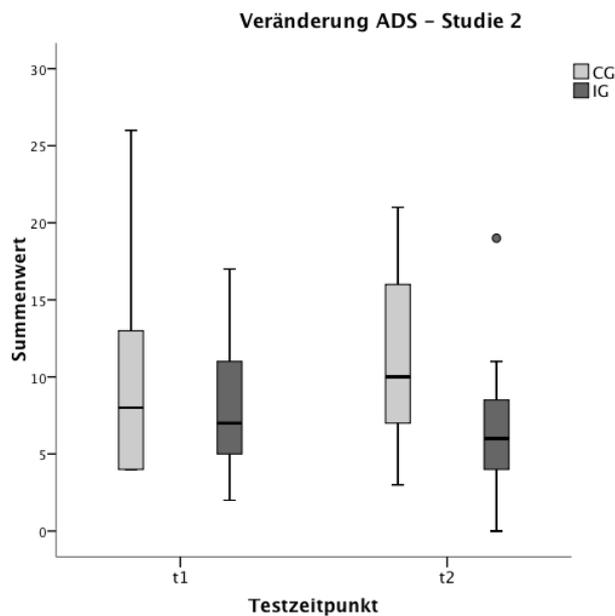
Tabelle 4.23: Deskriptive Statistik – ADS in Studie 2

		n	Testzeitpunkt 1					Testzeitpunkt 2					Differenz	
			M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn
Summenwert	CG	13	10.08	8.00	6.69	4.00	26.00	11.00	10.00	5.54	3.00	21.00	0.92	2.00
	IG	12	8.42	7.00	4.85	2.00	17.00	6.58	6.00	5.12	0.00	19.00	-1.84	-1.00

Die Veränderungen sind weder für den Faktor Zeit ($F=0.178$, $df=1$, $p=0.677$, $\eta^2=0.008$), noch für die Interaktion Gruppe*Zeit ($F=1.631$, $df=1$, $p=0.214$, $\eta^2=0.066$) signifikant.

Der Boxplot (siehe Abbildung 4.33) zeigt abermals anschaulich die Veränderung von t1 zu t2 und die Unterschiede zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe für den Summenwert der Allgemeinen Depressionsskala in Studie 2.

Abbildung 4.33: Boxplot: Veränderung Summenwert der Allgemeinen Depressionsskala (ADS) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 2



Ergebnis

Für die Fragestellung V6B: VERÄNDERT SICH DURCH EIN SECHSWÖ-

CHIGES AEROBIC TRAINING DIE DEPRESSIONSSYMPTOMATIK? muss die Nullhypothese formuliert werden:

UH6.1B DER ADS-SUMMENWERT UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

4.6.7 Veränderung der physischen Gesundheit

BMI

Der durchschnittliche BMI der Kontrollgruppe nahm von 22.6 kg/m² auf 22.5 kg/m² minimal ab, wohingegen der BMI der Interventionsgruppe unverändert bei durchschnittlich 24.8kg/m² blieb.

Tabelle 4.24: Deskriptive Statistik – BMI der Stichprobe in Studie 2

		Testzeitpunkt 1					Testzeitpunkt 2					Differenz	
n		M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn
BMI [kg/m ²]	CG	22.65	22.20	4.18	16.10	31.00	22.55	21.50	4.13	16.50	31.10	-0.10	-0.70
	IG	24.79	23.30	4.24	20.90	35.90	24.80	23.50	4.16	21.30	35.50	0.01	0.20

Die Veränderung unterscheidet sich nicht signifikant zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe (U = -0.27, p = .78).

Abbildung 4.34: Boxplot: Veränderung des Body Mass Index (BMI) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 2

4.6.8 Zusammenfassung

Die Veränderung Gehzeit beim Walking-Test zwischen der IG und der CG ist nicht signifikant, weist jedoch eine mittlere bis große Effektstärke auf (F[1, 23] = 2.52, p = .12, $\eta^2 = .099$). Dies bedeutet, dass die Gruppenzugehörigkeit 10 % der Varianz erklärt.

Auch in Studie 2 verbessern sich die Interventionsgruppe und Kontrollgruppe hinsichtlich der Arbeitsgedächtnisleistung im gleichen Maße. Bei

der Anzahl der Fehler und Auslasser verbessert sich – wie schon in Studie 1 – die Interventionsgruppe deutlicher als die Kontrollgruppe. Beim Median kann sich in dieser Studie allerdings die Kontrollgruppe deutlicher verbessern als die IG.

Bei der Daueraufmerksamkeitsleistung verbessern sich in allen drei Untersuchungsparametern immer beide Gruppen, doch die Interventionsgruppe verbessert sich stets deutlicher als die CG. Für die Anzahl der Fehler unterscheidet sich die Veränderung signifikant zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe ($U = -2.19, p = .03$).

Beim MDBF verschlechtern sich bei der GS-Dimension und WM-Dimension beide Gruppen. Wie auch schon in Studie 1 sinken die Werte bei der WM-Dimension in der IG wesentlich stärker als bei der CG. Ebenso ähnlich wie bei der Studie 1 verbessern sich beide Gruppen in der RU-Dimension und auch hier fällt die Veränderung der IG deutlicher aus als bei der CG.

Bezüglich der Depressionssymptomatik kann die Kontrollgruppe ihre ohnehin guten Werte weiter verbessern. Die Interventionsgruppe verschlechtert sich dagegen noch weiter. Alle Veränderungen sind nicht signifikant.

4.6.9 Diskussion

In dieser Studie konnte zwar beim Daueraufmerksamkeitstest die Anzahl der Fehler signifikant minimiert werden, doch ansonsten lassen sich keine weiteren signifikanten Veränderungen erreichen. Allerdings zeigt sich mit Ausnahme für den Median beim Arbeitsgedächtnistest, dass sich für alle drei Untersuchungsparameter in den Kognitionstests die Interventionsgruppe immer deutlicher verbessert als die Kontrollgruppe. In zukünftigen Untersuchungen soll nun der „Deckeneffekt“ reduziert werden. Eventuell hat man mit der Stichprobe der „Studierenden“ schon an sich eine derartig kognitiv leistungsfähige Gruppe, dass signifikante Verbesserungen nur sehr schwer zu erreichen sind. Deshalb sollen in der nachfolgenden Studie 3 Auszubildende als Studienteilnehmer re-

krutiert werden, in der Annahme, dass der kognitive Leistungszuwachs hier deutlicher zu erkennen ist. Des Weiteren sollen die Auswirkungen der Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit auf die psychische Gesundheit ausführlicher betrachtet werden, denn in Studie 1 und 2 sind die Auswirkungen auf die Dimensionen des MDBF nicht eindeutig. Aber wie einige Studien nahelegen (Schwerdtfeger, Eberhardt und Chmitorz, 2008) profitieren insbesondere junge Menschen von einer Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit durch Veränderungen der psychischen Gesundheit.

4.7 Studie 3 – Lauftraining mit Auszubildenden

4.7.1 Hintergrund

Für diese Studie wurden Auszubildende des KIT aquiriert. Damit das Wohlbefinden dieses Mal nicht nur habituell erfasst wird, sondern auch die kurzfristigen Auswirkungen des Trainings aufgezeigt werden können, wurden PDAs eingesetzt, welche die Befindlichkeit unmittelbar vor und nach dem Training erfassen. Zudem wurde mittels Beschleunigungssensoren die Aktivitätsintensität zwischen CG und IG erfasst, damit kann zum einen die körperliche Aktivität der Auszubildenden erfasst werden und zum anderen können Effekte aufgezeigt werden, die das Lauftraining bezüglich der Aktivitätsintensität in den Gruppen bewirkt. Durch die Verwendung des SF-36 sollen

4.7.2 Methode

Interventions- und Kontrollgruppe

An der Studie 3 – Lauftraining mit Auszubildenden nahmen insgesamt 21 Probanden teil, 9 in der Kontrollgruppe, 12 in der Interventionsgruppe. Diese Gruppe der Auszubildenden stellte die jüngste Stichprobe der drei Studien dar.

Kontrollgruppe. Die Kontrollgruppe bestand aus 9 Auszubildenden ($m = 4$; $w = 5$). Das Durchschnittsalter der Kontrollgruppe betrug insgesamt 20.2 Jahre ($SD = 2.21$). Die jüngste Probandin war 16.8 Jahre, die älteste 24.8 Jahre.

Interventionsgruppe. Die Interventionsgruppe bestand aus 12 Auszubildenden ($m = 6$; $w = 6$). Das Durchschnittsalter betrug insgesamt 19.3 Jahre ($SD = 1.6$). Der jüngste Proband war 16.8 Jahre, die älteste 21.4 Jahre.

Tabelle 4.25: Deskriptive Statistik – Alter der Stichprobe in Studie 3

		Kontrollgruppe						Interventionsgruppe						Gesamt					
		n	M	Mdn	SD	Min	Max	n	M	Mdn	SD	Min	Max	n	M	Mdn	SD	Min	Max
Alter [Jahre]	♂	4	19.6	19.9	1.1	18.0	20.5	6	18.6	18.3	1.8	16.8	21.0	10	18.9	19.3	1.6	16.8	21.0
	♀	5	20.7	20.8	2.9	16.8	24.8	6	19.9	19.8	1.1	18.5	21.4	11	20.3	20.4	2.0	16.8	24.8
	Gesamt	9	20.2	20.2	2.2	16.8	24.8	12	19.3	19.2	1.6	16.8	21.4	21	19.7	19.7	1.9	16.8	24.8

Die Kontrollgruppe hat durchschnittlich einen BMI von 21.98 ($Mdn = 20.9$, $SD = 3.69$) und befindet sich im Normbereich (siehe Abbildung 4.35). Die Interventionsgruppe weist durchschnittlich einen BMI von 23.12 ($Mdn = 23.05$, $SD = 2.75$) auf und damit einen höheren als den BMI der Kontrollgruppe, jedoch im Normbereich (siehe Abbildung 4.35).

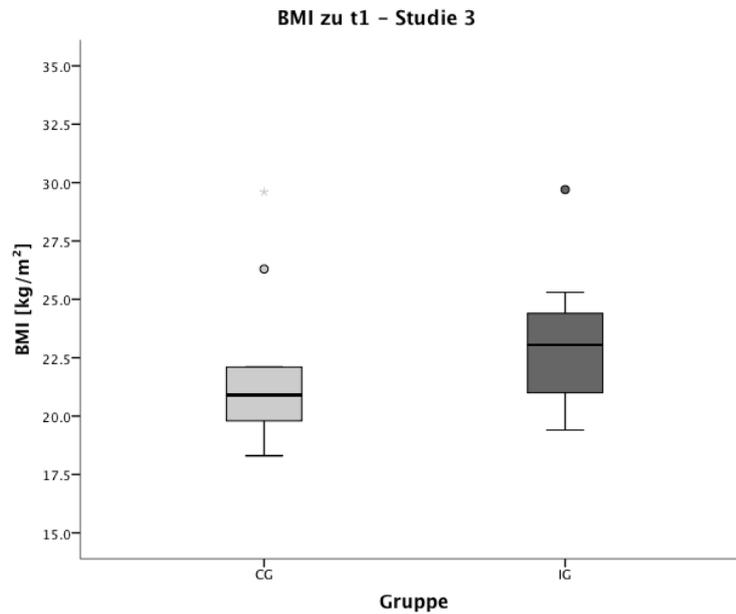


Abbildung 4.35: BMI zu t1 von den Probanden der Studie 3

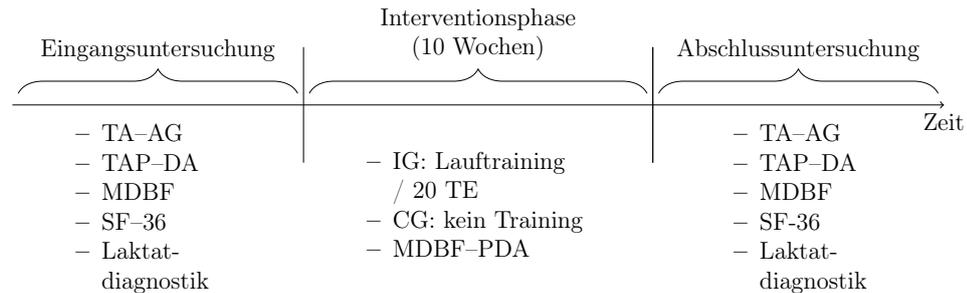
Untersuchungsdesign

Studie 3 ist eine kontrollierte Interventionsstudie, welche im Zeitraum von September 2010 bis April 2011 von der Research Group „hiper.campus“ des House of Competence (HoC) in Zusammenarbeit mit dem AK Gesundheit KIT Süd, der Medizinischen Abteilung des Campus Nord und dem Institut für Sport und Sportwissenschaft des KIT durchgeführt wird. Die Probandenakquise begann am 1. bzw. 8. September 2010 im Rahmen einer Informationsveranstaltung für die neuen KIT-Auszubildenden des Ausbildungsjahres 2010/2011. Im Anschluss daran wurde ein Rundschreiben im Namen des Vizepräsidenten des KIT verfasst, welches an alle KIT-Auszubildenden – unabhängig von ihrem derzeitigen Ausbildungsjahr (ca. 400 Auszubildende) – am 17. September 2010 versandt wurde. Nach Ende der Probandenakquise wurde die Stichprobe nach Geschlecht stratifiziert, d. h. bei der zufälligen Zuordnung der Probanden in die verschiedenen Gruppen wurde darauf geachtet, dass die prozentuale Verteilung des Geschlechts sowohl in der IG als auch in der CG möglichst ausgeglichen war. Die Eingangstests (t1)

wurden im Zeitraum vom 8. November 2010 bis 28. Januar 2011 in der Medizinischen Ambulanz des Campus Nord und am Institut für Sport und Sportwissenschaft des KIT durchgeführt. Da die zeitlichen Ressourcen, insbesondere aufgrund der Weihnachtsferien (23.12. bis 07.01.2011), nicht ausreichten, um die Eingangstests mit der gesamten Stichprobe noch vor Beginn des geplanten Interventionszeitraums vom 11. Januar bis 17. März 2011 durchzuführen, mussten die Probanden der CG partiell später getestet werden (bis 28. Januar 2011), wodurch der gesamte Untersuchungszeitraum der CG gegenüber der IG nach hinten verschoben werden musste. Der Kontrollzeitraum der CG erstreckte sich daher vom 1. Februar bis 8. April 2011. Die IG absolvierte über den Zeitraum von zehn Wochen (11.01.2011 bis 17.03.2011) zwei Mal wöchentlich ein Lauftraining. Durch die Festlegung eines 10-wöchigen Interventionszeitraums sollte ein möglichst hoher Trainingseffekt gewährleistet sein. Die Probanden der CG wurden angewiesen, innerhalb des Kontrollzeitraums (01.02. bis 08.04.2011) ihr gewöhnliches körperlich-sportliches Verhalten nicht zu ändern. Während des Interventions- bzw. Kontrollzeitraums wurden in der zweiten, sechsten und zehnten Woche jeweils die psychische Befindlichkeit aller Probanden mithilfe des ambulanten Monitorings an drei aufeinanderfolgenden Tagen erfasst. Nach Ende dieser zehn Wochen fanden die Abschlusstests sowie eine letzte MDBFPDA-Abfrage (Retentionsmessung = Erfassung von möglichen nachhaltigen Effekten in der zwölften Woche) statt (21.03.2011 bis 07.04.2011). Über den gesamten Untersuchungszeitraum erfolgte ein ambulantes Monitoring der Alltagsaktivität mithilfe von Activity-Sensoren. Unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit (IG oder CG) ergibt sich für jeden Probanden das gleiche Untersuchungsdesign (siehe Abbildung 4.36). Die Eingangs- und Abschlusstests zu t1 und t2 umfassten folgende Untersuchungsmethoden bzw. Testverfahren: Laktatdiagnostik Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBFLangform) Short Form 36 Health Survey Questionnaire (SF-36) medizinische Untersuchung, kognitive Testverfahren. Die medizinische Untersuchung wurde von der Medizinischen Ambulanz des Campus Nord durchgeführt. Im Rahmen dieses Unter-

suchungstermins bearbeiteten die Probanden unter Aufsicht der Studienleitung zusätzlich den Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBFLangform), den Short Form 36 Health Survey Questionnaire (SF-36), die Sense of Coherence Scale (SOC L9) sowie die computergestützten Testverfahren zur Erfassung der kognitiven Leistungsfähigkeit.

Abbildung 4.36: Studiendesign - Studie 3



4.7.3 Fragestellungen und Hypothesen

Das zentrale Ziel dieser Studie besteht darin, zu überprüfen, ob durch den verlängerten Interventionszeitraum und das veränderte Training (nicht mehr reines Ausdauertraining, sondern koordinativ anspruchsvolles Aerobictraining) die in Studie 1 aufgedeckten Veränderungen signifikant werden. Ebenfalls von Interesse ist die Frage, ob sich durch das Aerobictraining die Ausdauerleistungsfähigkeit signifikant ändert. Im Weiteren sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Verändert sich durch das Ausdauertraining die kognitive Leistungsfähigkeit (Arbeitsgedächtnisleistung und Daueraufmerksamkeitsleistung)?
- Verändert sich durch das Ausdauertraining das Wohlbefinden (habituelle Befindlichkeit und Depressionssymptomatik)?
- Verändert sich durch das Ausdauertraining der BMI?

Die entsprechenden Alternativhypothesen lauten

- für die Überprüfung der Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit:

UH1.1c Die Ausdauerleistungsfähigkeit an der 2 mmol/l-Schwelle unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH1.2c Die Ausdauerleistungsfähigkeit an der 4 mmol/l-Schwelle unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

- für die Überprüfung der Veränderung der Arbeitsgedächtnisleistung:

UH2.1c Die Anzahl der Fehler im Arbeitsgedächtnistest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH2.2c Die Anzahl der Auslasser im Arbeitsgedächtnistest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH2.3c Der Median der Reaktionszeit im Arbeitsgedächtnistest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

- für die Überprüfung der Veränderung der Daueraufmerksamkeitsleistung:

UH3.1c Die Anzahl der Fehler im Daueraufmerksamkeitstest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH3.2c Die Anzahl der Auslasser im Daueraufmerksamkeitstest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH3.3c Der Median der Reaktionszeit im Daueraufmerksamkeitstest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

- für die Überprüfung der Veränderung der psychischen Gesundheit:

UH4.1c Die GS-Dimension im MDBF unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH4.2c Die WM-Dimension im MDBF unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH4.3c Die RU-Dimension im MDBF unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH5.1c Die GSa-Dimension im MDBF-PDA unterscheidet sich nicht signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH5.2c Die WMa-Dimension im MDBF-PDA unterscheidet sich nicht signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH5.3c Die RUa-Dimension im MDBF-PDA unterscheidet sich nicht signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH6.1c Der ADS-Summenwert unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH7.1c Der SF-36 in den Dimensionen VITA, SOFU, EMRO und PSYCH unterscheidet sich nicht signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

– für die Überprüfung der Veränderung der physischen Gesundheit:

UH7.2c Der SF-36 in den Dimensionen KÖFU, KÖRO, SCHM und AGES unterscheidet sich nicht signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH8.1a Der BMI unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

– für die Überprüfung der Veränderung der körperlichen Aktivität:

UH9.1c Die Bewegungsintensität (mg) unterscheidet sich nicht signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

- für die Überprüfung der Veränderung sozialen Gesundheit:

UH7.3c Der SF-36 in den Dimensionen SOFU unterscheidet sich nicht signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

4.7.4 Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit

Laufgeschwindigkeit an der 2 mmol/l- und 4 mmol/l-Schwelle

Die Studie 3 hatte die längste Trainingsintervention und die Ausdauerleistungsfähigkeit kann in dieser Studie am deutlichsten gesteigert werden (siehe Tabelle 4.26).

Die Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit von t1 zu t2 wurde in Studie 3 wie auch in Studie 1 anhand der beiden Parameter v2 mmol/l und v4 mmol/l analysiert. Die IG konnte ihre Laufgeschwindigkeiten an der 2 mmol/l- Schwelle um 0.92 km/h steigern – die CG dagegen verschlechterte sich um 0.62 km/h.

Tabelle 4.26: Deskriptive Statistik – Laktatdiagnostik in Studie 3; Laufgeschwindigkeit [km/h] an der aeroben (2 mmol/l) und anaeroben Schwelle (4 mmol/l)

		Testzeitpunkt 1					Testzeitpunkt 2					Differenz	
n		M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn
2 mmol/l [km/h]	CG	7.29	6.74	1.45	6.00	9.64	6.67	6.00	0.91	6.00	8.20	-0.62	-0.74
	IG	7.58	7.34	2.50	4.00	12.12	8.48	8.14	2.10	6.00	11.47	0.91	0.81
4 mmol/l [km/h]	CG	9.35	10.00	2.16	6.32	11.93	9.12	8.13	1.66	6.98	11.50	-0.24	-1.87
	IG	9.77	9.76	2.67	5.50	13.96	10.38	10.37	2.48	6.72	13.77	0.61	0.61

An der 4 mmol/l-Schwelle verschlechtert sich die Kontrollgruppe um durchschnittlich 0.24 km/h und die Interventionsgruppe verbessert sich um 0.61 km/h.

Zum Testzeitpunkt 1 zeigt sich sowohl an der 2 mmol/l-Schwelle, als auch an der 4 mmol/l-Schwelle, dass kein signifikanter Unterschied zwischen der Kontroll- und Interventionsgruppe besteht. Auch beim Testzeitpunkt 2 ist der Unterschied für den Ausdauerwert an der 4 mmol/l-

Schwelle zwischen den beiden Gruppen nicht signifikant. Es zeigt sich allerdings ein knapper signifikanter Unterschied an der 2 mmol/l-Schwelle ($U = -2.010$; $p = 0.044$).

Die Betrachtung der Differenzwerte von t1 zu t2 zeigen, dass sich die Ausdauerwerte von der Kontroll- und Interventionsgruppe an der 2 mmol/l-Schwelle signifikant voneinander abheben ($U = -2.947$, $p = 0.003$). Der Boxplot in Abbildung 4.37 stellt den Median aller Differenzwerte (Veränderung von t1 zu t2) an der 2 mmol-Schwelle der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe grafisch gegenüber. Die Verbesserung der Laufgeschwindigkeit [km/h] an der 2 mmol-Schwelle von der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe wird in diesem Schaubild sichtbar.

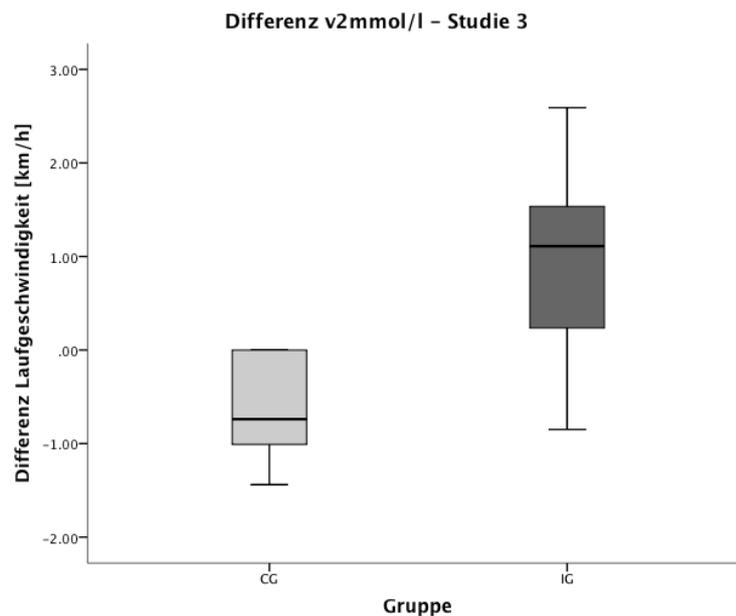


Abbildung 4.37: Boxplot Differenzwerte Ausdauer (v2mmol/l) - Studie 3

Die Differenzwerte an der 4 mmol/l-Schwelle zeigen ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe ($t = -2.36$, $df = 19$, $p = .03$). Der Boxplot in Abbildung 4.38 stellt den Median aller Differenzwerte (Veränderung von t1 zu t2) an der 2 mmol-Schwelle der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe grafisch gegenüber. Die

Verbesserung der Laufgeschwindigkeit [km/h] an der 4 mmol-Schwelle von der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe wird in diesem Schaubild deutlich.

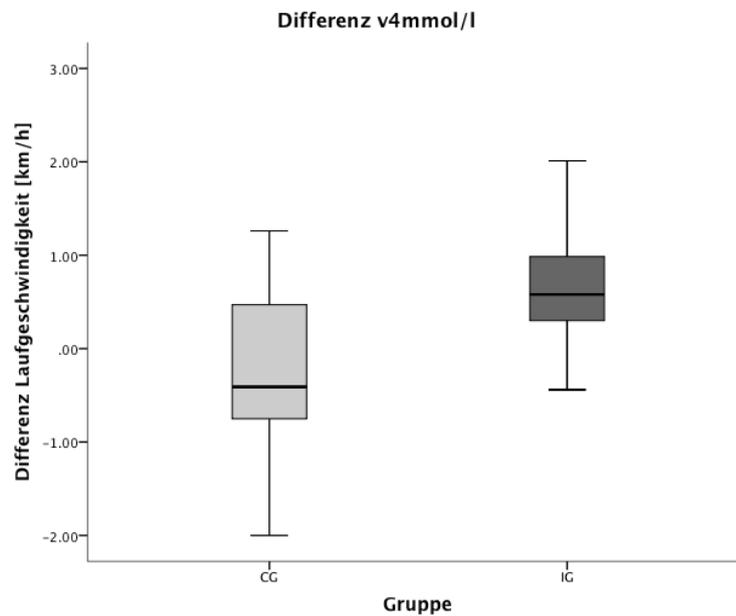


Abbildung 4.38: Boxplot Differenzwerte Ausdauer (v4mmol/l) - Studie 3

Um zu überprüfen, ob es überhaupt eine signifikante Änderung innerhalb der Gruppen gibt, wurden die Differenzwerte jeder Gruppe mit dem Wert 0 verglichen.

Bei der Kontrollgruppe zeigt sich für die negative Veränderung an der 2 mmol/l-Schwelle ein signifikanter Unterschied zum Wert 0 ($p=0.043$). An der 4 mmol/l-Schwelle zeigt sich kein signifikanter Unterschied zum Wert 0 ($t=-0.735$, $df=8$, $p=0.483$).

Die Interventionsgruppe zeigt einen signifikanten Unterschied zum Wert 0 für die Veränderung der 2 mmol/l-Schwelle ($p=0.022$) ebenso wie an der 4 mmol/l-Schwelle ($t=3.089$, $df=11$, $p=0.010$).

Aggregierend kann nachfolgend festgehalten werden:

- Es zeigen sich signifikante Veränderungen bei der Interventionsgruppe bezüglich der Laufgeschwindigkeit an der 2 mmol/l-Schwelle und 4 mmol/l-Schwelle über die Zeit.

- Es zeigt sich eine negative signifikante Veränderung bei der Kontrollgruppe an der 2 mmol/l-Schwelle über die Zeit.
- Es zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen der Kontroll- und der Interventionsgruppe bei den Differenzwerten an der 2 mmol/l- und 4 mmol/l Schwelle

Daher kann für die Hypothese UH1.1c DIE AUSDAUERLEISTUNGSFÄHIGKEIT AN DER 2 MMOL-SCHWELLE UNTERSCHIEDET SICH SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT die Alternativhypothese beibehalten werden:

* UH1.1c DIE AUSDAUERLEISTUNGSFÄHIGKEIT AN DER 2 MMOL-SCHWELLE UNTERSCHIEDET SICH SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT. *

Auch für die Hypothese UH1.2c DIE AUSDAUERLEISTUNGSFÄHIGKEIT AN DER 4 MMOL-SCHWELLE UNTERSCHIEDET SICH SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT kann die Alternativhypothese beibehalten werden:

* UH1.2c DIE AUSDAUERLEISTUNGSFÄHIGKEIT AN DER 4 MMOL-SCHWELLE UNTERSCHIEDET SICH SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT. *

4.7.5 Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit

Arbeitsgedächtnis

Beim Arbeitsgedächtnistest in Studie 3 kann sich bei der Anzahl der Fehler die Interventionsgruppe verbessern, wohingegen sich die Kontrollgruppe verschlechtert. Ebenso ist es beim Median der Reaktionszeit; die Interventionsgruppe wird schneller, die Kontrollgruppe langsamer. Bei den Auslassern verbessert sich sowohl die Interventionsgruppe als auch die Kontrollgruppe, die Verbesserung der Kontrollgruppe fällt deutlicher

aus. Siehe Tabelle 4.27.

Tabelle 4.27: Deskriptive Statistik – Arbeitsgedächtnistest in Studie 3

		n	Testzeitpunkt 1					Testzeitpunkt 2					Differenz	
			M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn
Fehler [Anzahl]	CG	9	0.44	0.00	0.53	0.00	1.00	0.63	0.50	0.74	0.00	2.00	0.19	0.5
	IG	12	1.50	1.50	1.38	0.00	4.00	0.92	0.50	1.16	0.00	3.00	-0.58	-1.0
Auslasser [Anzahl]	CG	9	1.89	1.00	2.20	0.00	6.00	1.00	0.00	1.77	0.00	5.00	-0.89	-1.0
	IG	12	2.17	2.00	1.64	0.00	6.00	2.00	0.50	2.56	0.00	7.00	-0.17	-1.5
Median [ms]	CG	9	546.67	474.00	164.05	343.00	776.00	615.75	632.00	143.37	457.00	778.00	69.08	158.0
	IG	12	703.83	704.00	139.49	444.00	894.00	600.17	533.50	177.90	431.00	961.00	-103.66	-170.5

Ergebnis

Die Interventionsgruppe macht zum Testzeitpunkt t1 mehr Fehler als die Kontrollgruppe (IG: $M = 1.50$, $SD = 1.38$; CG: $M = 0.44$, $SD = 0.53$) und kann sich bis zum Testzeitpunkt 2 (t2 IG: $M = 0.92$, $SD = 1.16$) auch um 0.6 Fehler verbessern. Die Kontrollgruppe verschlechtert sich um 0.2 Fehler auf 0.6 Fehler ($SD = 0.74$), macht damit aber immer noch weniger Fehler als die Interventionsgruppe. Die Veränderung divergiert nicht signifikant zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe ($U = -1.44$, $p = .15$).

Der Boxplot (siehe Abbildung 4.39) demonstriert die Lage und Streuung der Fehleranzahl beim Arbeitsgedächtnistest zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe zu den beiden Testzeitpunkten.

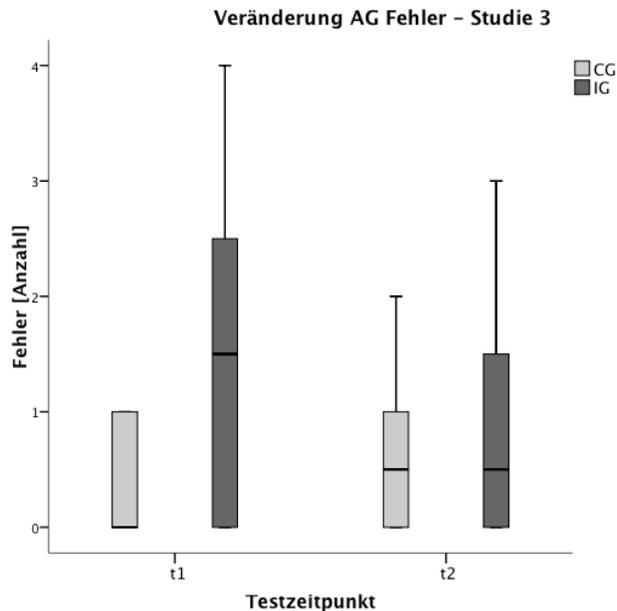


Abbildung 4.39: Boxplot: Veränderung Fehler [Anzahl] im Arbeitsgedächtnistest (AG) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 3

Bei der Anzahl der Auslasser im Arbeitsgedächtnistest hat die Interventionsgruppe mit 2.2 Auslassern ($SD = 1.6$) die größere Anzahl Auslasser zu t1 (CG: $M = 1.89$, $SD = 2.20$). Obwohl die Kontrollgruppe schon zu t1 das bessere Ausgangsniveau hat, kann sie sich mit einer Reduktion der Auslasseranzahl um 0.9 deutlicher verbessern als die Interventionsgruppe, welche ihre Auslasser durchschnittlich um 0.2 senkt. Die Kontrollgruppe macht somit zu t2 durchschnittlich 1.0 Auslasser ($SD = 1.77$) die Interventionsgruppe 2.0 Auslasser ($SD = 2.56$). Die Veränderung unterscheidet sich nicht signifikant zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe ($U = -0.67$, $p = .51$).

Der Boxplot (siehe Abbildung 4.40) zeigt anschaulich die Lage und Streuung der Anzahl der Auslasser beim Arbeitsgedächtnistest zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe zu den beiden Testzeitpunkten in Studie 3.

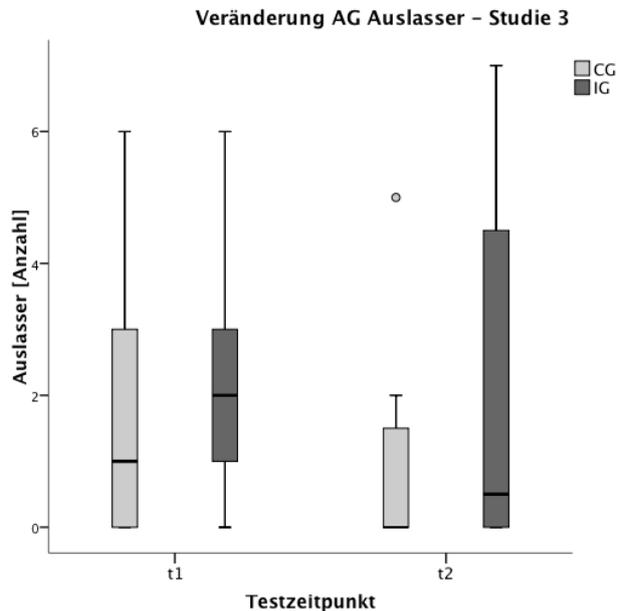


Abbildung 4.40: Boxplot: Veränderung Fehler [Anzahl] im Arbeitsgedächtnistest (AG) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 3

Beim Median ist die Interventionsgruppe zum Testzeitpunkt 1 langsamer ($M = 703.83$, $SD = 139.49$) als die Kontrollgruppe ($M = 546.67$, $SD = 164.05$) und verbessert sich zum Testzeitpunkt 2 um 103.66 Millisekunden, wohingegen die Kontrollgruppe um 69.08 Millisekunden langsamer wird. Die Veränderung unterscheidet sich signifikant zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe ($U = -2.16$, $p = .03$).

Der Boxplot (siehe Abbildung 4.41) zeigt deutlich Lage und Streuung des Medians beim Arbeitsgedächtnistest zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe zu den beiden Testzeitpunkten.

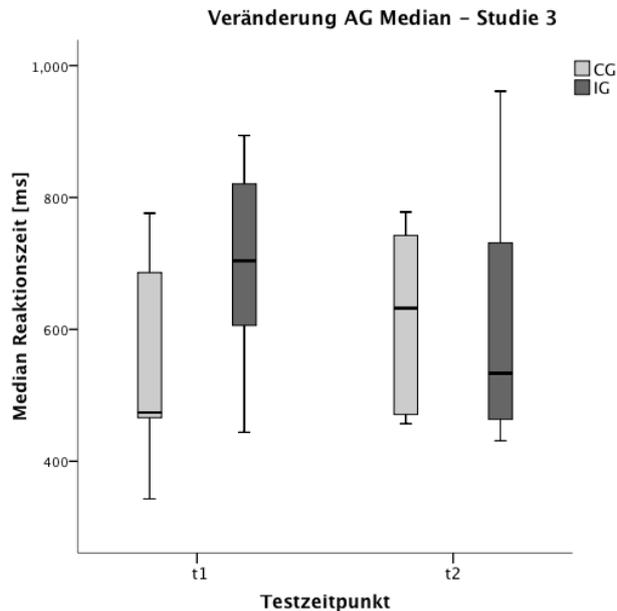


Abbildung 4.41: Boxplot: Veränderung Median der Reaktionszeit [ms] im Arbeitsgedächtnistest (AG) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 3

Somit müssen die Alternativhypothesen UH2.1c DIE ANZAHL DER FEHLER IM ARBEITSGEDÄCHTNISTEST UNTERSCHIEDET SICH SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT und UH2.2c DIE ANZAHL DER AUSLASSER IM ARBEITSGEDÄCHTNISTEST UNTERSCHIEDET SICH SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT abgelehnt und die Nullhypothesen formuliert werden:

UH2.1c DIE ANZAHL DER FEHLER IM ARBEITSGEDÄCHTNISTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

UH2.2c DIE ANZAHL DER AUSLASSER IM ARBEITSGEDÄCHTNISTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

Die Alternativhypothese UH2.3c DIE ANZAHL DER FEHLER IM ARBEITSGEDÄCHTNISTEST UNTERSCHIEDET SICH SIGNIFIKANT IN AB-

HÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT kann beibehalten werden:

* UH2.3c DER MEDIAN DER REKTIONSZEIT IM ARBEITSGEDÄCHTNISTEST UNTERSCHIEDET SICH SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.*

Daueraufmerksamkeit

Bei der Daueraufmerksamkeitsleistung in Studie 3 bietet sich das gleiche Bild wie bereits in Studie 2, an dieser Stelle verbessern sich in allen drei Untersuchungsparametern sowohl die Teilnehmer der Interventions als auch der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 4.28)

Tabelle 4.28: Deskriptive Statistik – Daueraufmerksamkeitstest in Studie 3

		n	Testzeitpunkt 1					Testzeitpunkt 2					Differenz	
			M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn
Fehler [Anzahl]	CG	9	4.33	3.00	3.81	0.00	10.00	2.38	1.50	2.56	0.00	8.00	-1.95	-1.50
	IG	12	9.08	6.50	8.05	0.00	25.00	7.42	3.00	9.42	0.00	26.00	-1.66	-3.50
Auslasser [Anzahl]	CG	9	6.89	6.00	3.59	2.00	12.00	5.00	2.50	5.24	0.00	15.00	-1.89	-3.50
	IG	12	8.83	8.00	6.93	1.00	25.00	5.42	4.50	5.14	0.00	15.00	-3.41	-3.50
Median [ms]	CG	9	552.67	555.00	77.66	409.00	668.00	507.13	484.50	67.61	427.00	613.00	-45.54	-70.50
	IG	12	589.67	583.00	115.48	469.00	890.00	582.00	571.00	110.80	445.00	805.00	-7.67	-12.00

In Studie 2 konnte sich die IG im Vergleich zur CG signifikant zwischen den beiden Testzeitpunkten verbessern. In Studie 3 konnte sich die IG von 9.1 Fehlern (SD = 8.1) nur geringfügig um 1.66 Fehler auf 7.4 Fehler (SD = 9.42) zum Testzeitpunkt 2 verbessern. Die Kontrollgruppe konnte sich von 4.3 Fehlern (SD = 3.8) um 1.95 auf 2.4 Fehler (SD = 2.56) deutlicher verbessern. Die Veränderung unterscheidet sich nicht signifikant zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe ($U = -.08$, $p = .94$).

Der Boxplot (siehe Abbildung 4.42) zeigt veranschaulichend die Lage und Streuung der Fehleranzahl beim Daueraufmerksamkeitstest zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe zu den beiden Testzeitpunkten in Studie 3.

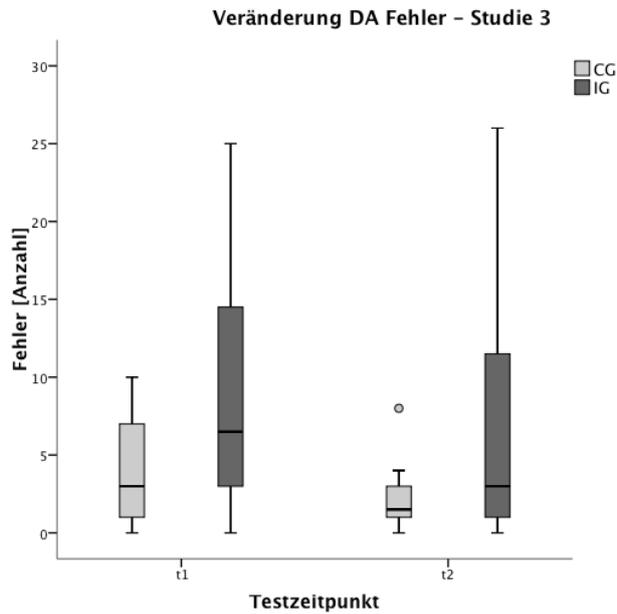


Abbildung 4.42: Boxplot: Veränderung Fehler [Anzahl] im Daueraufmerksamkeitstest (DA) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 3

Bei den Auslassern verbessert sich die Interventionsgruppe von 8.8 Auslassern (SD = 6.93) zu t1 um weitere 3.4 Auslasser auf 5.4 (SD = 5.14) Auslasser zu t2. Die Kontrollgruppe verbessert sich von 6.9 Auslassern (SD = 3.59) zu t1 um 1.9 Auslasser auf 5.0 Auslasser zu t2. Die Veränderung unterscheidet sich nicht signifikant zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe ($U = -.62$, $p = .54$).

Der Boxplot (siehe Abbildung 4.43) belegt die Lage und Streuung der Anzahl der Auslasser beim Daueraufmerksamkeitstest zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe zu den beiden Testzeitpunkten in Studie 3.

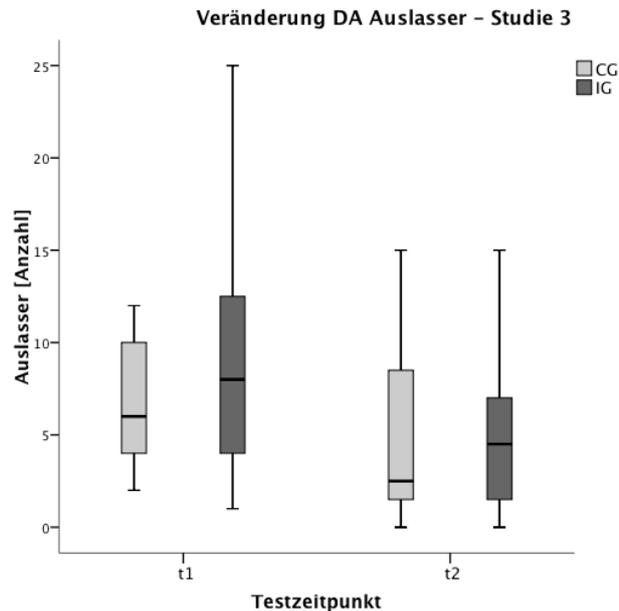


Abbildung 4.43: Boxplot: Veränderung Auslasser [Anzahl] im Daueraufmerksamkeitest (DA) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 3

Beim Median der Reaktionszeit ist die Kontrollgruppe zu t1 schneller als die Interventionsgruppe (CG = 552.67, SD = 77.66; IG: M = 589.67, SD = 115.48), die Interventionsgruppe kann ihre Reaktionszeit jedoch nur 7.7 Millisekunden steigern, die Kontrollgruppe hingegen um 45.5 Millisekunden. Die Veränderung divergiert nicht signifikant zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe ($U = -1.70$, $p = .09$).

Der Boxplot (siehe Abbildung 4.44) zeigt anschaulich die Lage und Streuung des Medians zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe zu den beiden Testzeitpunkten in Studie 3.

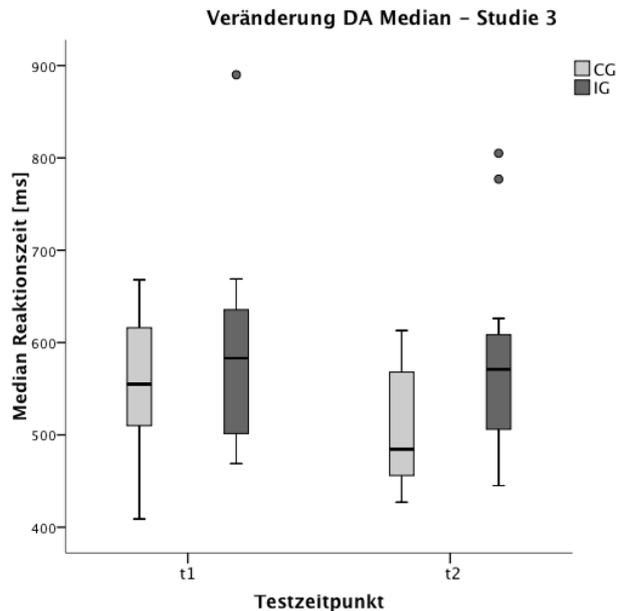


Abbildung 4.44: Boxplot: Veränderung Median der Reaktionszeit [ms] im Daueraufmerksamkeitstest (DA) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 3

Somit lässt sich für die Hypothesen zur Daueraufmerksamkeitsleistung in Studie 3 nachfolgend konstatieren:

UH3.1c DIE ANZAHL DER FEHLER IM DAUERAUFMERKSAMKEITSTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

UH3.2c DIE ANZAHL DER AUSLASSER IM DAUERAUFMERKSAMKEITSTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

UH3.3c DER MEDIAN DER REAKTIONZEIT IM DAUERAUFMERKSAMKEITSTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

4.7.6 Veränderung des Wohlbefindens

MDBF

Der MDBF (Mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen) untersucht die drei Bereiche GS (Gute-Schlechte Stimmung), WM (Wachheit-Müdigkeit) und RU (Ruhe-Unruhe).

Bei der GS-Dimension verbessert sich die Kontrollgruppe um den Skalenwert 5.44 (SD 4.69) die Interventionsgruppe um den Skalenwert 0.083 (SD 4.25). Da die Voraussetzungen nicht passen (Kovarianzen unterscheiden sich signifikant), kann die ANOVA nicht gerechnet werden. Der t-Test bei unabhängigen Stichproben zeigt, dass sich die IG und CG weder bei t1 ($t = -1.665$; $df = 19$; $p = 0.112$) noch bei t2 ($t = 1.376$; $df = 19$; $p = 0.185$) signifikant voneinander unterscheiden. Der Unterschied des Differenzwerts ist jedoch zwischen IG und CG signifikant ($t = 2.736$; $df = 19$; $p = 0.013$).

Tabelle 4.29: Deskriptive Statistik – MDBF in Studie 3

		n	Testzeitpunkt 1					Testzeitpunkt 2					Differenz	
			M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn
GS	CG	9	30.78	31.00	5.52	20.00	38.00	36.22	36.00	1.92	33.00	39.00	5.44	5.00
	IG	12	33.83	34.50	2.79	29.00	37.00	33.92	34.50	4.72	23.00	40.00	0.09	0.00
WM	CG	9	27.33	28.00	5.85	17.00	36.00	28.78	28.00	2.82	24.00	33.00	1.45	0.00
	IG	12	29.83	30.50	5.49	21.00	37.00	29.33	30.00	6.10	19.00	37.00	-0.50	-0.50
RU	CG	9	31.11	32.00	4.46	24.00	40.00	33.33	33.00	2.78	28.00	37.00	2.22	1.00
	IG	12	32.17	31.00	4.49	25.00	39.00	30.17	31.50	6.46	17.00	39.00	-2.00	0.50

Der Vergleich des Differenzwerts zum Wert 0 zeigt eine signifikante Veränderung bei der Kontrollgruppe ($t = 3,480$; $df = 8$; $p = 0.008$), die Veränderung bei der Interventionsgruppe ist nicht signifikant ($t = 0.068$; $df = 11$; $p = 0.947$)

Das Boxplot-Diagramm (siehe Abbildung 4.45) demonstriert erneut die Veränderung von t1 zu t2 und die Unterschiede zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe.

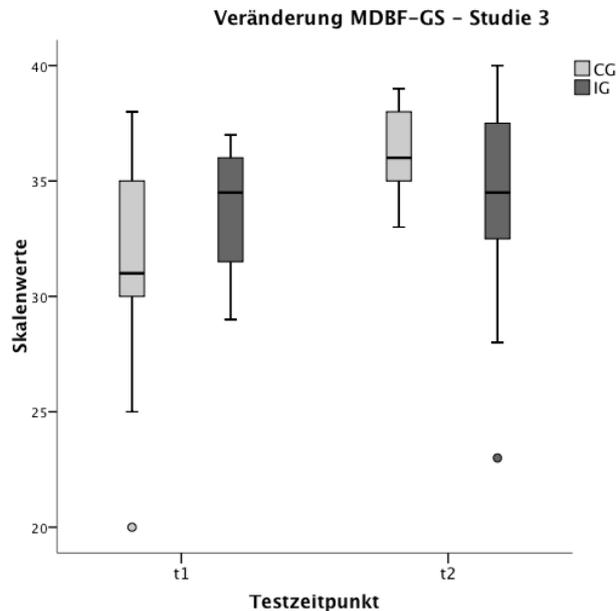


Abbildung 4.45: Boxplot: Veränderung Gute-Schlechte Stimmung (GS) im Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 3

Bei der WM-Dimension verbessert sich die Kontrollgruppe um den Skalenwert 1.44 (SD 4.98) und die Interventionsgruppe verschlechtert sich um 0.5 (SD 6,76). Da die Voraussetzungen für die ANOVA nicht erfüllt sind, erfolgen die einzelnen Untersuchungen der Faktoren über t-Tests. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind für den Testzeitpunkt 1 nicht signifikant ($t=-1.004$, $df=19$, $p=0.328$) und ebenfalls nicht für den Testzeitpunkt t2 ($t=-.253$, $df=19$, $p=0.803$). Die Differenzwerte unterscheiden sich zudem nicht signifikant ($t=1.563$; $df=23$, $p=0.132$).

Vergleicht man die Differenzwerte über die Zeit (zum Wert 0), so ergeben sich keine signifikanten Veränderungen in der CG ($t=-1.464$, $df=112$, $p=0.169$). Die negative Veränderung der IG über die Zeit ist jedoch signifikant ($t=0.726$, $df=19$, $p=0.477$).

Das Boxplot-Diagramm (siehe Abbildung 4.46) belegt die Veränderung von t1 zu t2 und die Unterschiede zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe für die Dimension Wachheit-Müdigkeit .

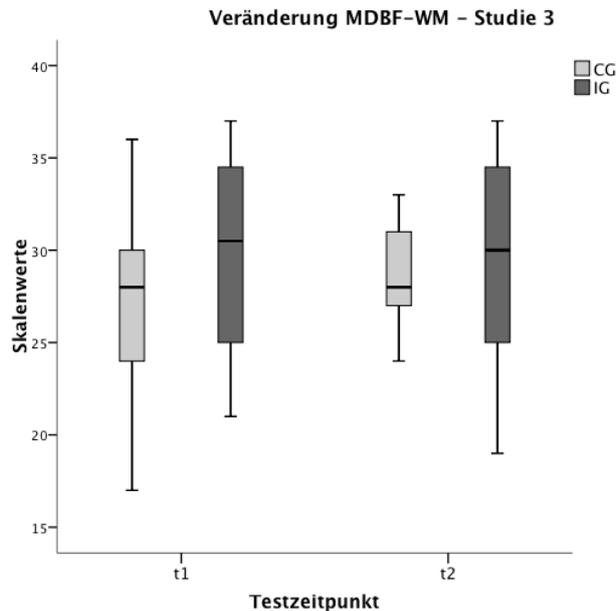


Abbildung 4.46: Boxplot: Veränderung Wachheit-Müdigkeit (WM) im Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 3

Bei der RU-Dimension verbessert sich die Kontrollgruppe um den Skalenwert 2,22 (SD 3,35) die Interventionsgruppe verschlechtert sich um 2,0 (SD 6,15).

Da die Voraussetzungen für die ANOVA lediglich knapp erfüllt sind und aufgrund der kleinen Fallzahl, wird von der ANOVA abgesehen und es werden andere Methoden eingesetzt.

Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind für den Testzeitpunkt 1 nicht signifikant ($t=-0,535$, $df=19$, $p=0,599$), auch nicht für den Testzeitpunkt t2 ($t=-1,371$, $df=19$, $p=0,187$). Die Differenzwerte unterscheiden sich ebenfalls nicht signifikant ($t=1,856$; $df=19$; $p=0,079$).

Vergleicht man die Differenzwerte über die Zeit (zum Wert 0), so ergeben sich keine signifikanten Veränderungen in der CG ($t=1,993$, $df=8$, $p=0,081$). Die Veränderung der IG über die Zeit ist ebenfalls nicht signifikant ($t=-1,127$, $df=11$, $p=0,284$).

Das Boxplot-Diagramm (siehe Abbildung 4.47) zeigt noch einmal anschaulich die Veränderung von t1 zu t2 und die Unterschiede zwischen

Kontroll- und Interventionsgruppe.

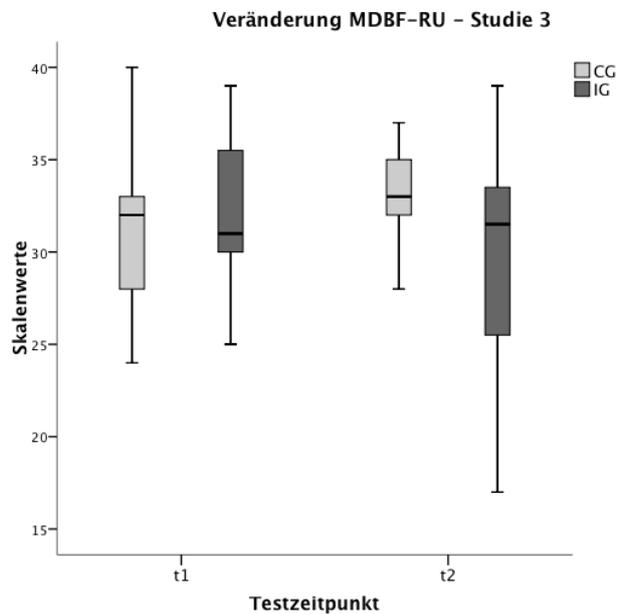


Abbildung 4.47: Boxplot: Veränderung Ruhe-Unruhe (RU) im Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF) von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG) in Studie 3

Es kann demzufolge konstatiert werden:

Bei der GS-Dimension treten signifikante Unterschiede bezüglich des Differenzwerts zwischen der IG und CG auf. Die Veränderung über die Zeit ist lediglich bei der CG signifikant. Bei der WM-Dimension sind negative Veränderungen der IG über die Zeit signifikant. Bei der RU-Dimension sind keinerlei signifikante Veränderungen existent.

UH4.1c DIE GS-DIMENSION IM MDBF UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

UH4.2c DIE WM-DIMENSION IM MDBF UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

MDBF-PDA

Bei Walter, von Haaren, Löffler, Härtel, Jansen, Werner, Stumpp, Bös und Hey (2013) sowie Jansen und Werner (2012) wird diese Methode der Datenerhebung an der hier beschriebenen Stichprobe ausführlich vorgestellt. Weiterhin werden unterschiedlichste Fragestellungen anhand dieser Datengrundlage untersucht.

In der vorliegenden Arbeit soll lediglich auf die kurzfristigen Auswirkungen eines Ausdauertrainings eingegangen werden.

Die Befindlichkeitsabfrage durch den PDA erfolgte zu 5 Messzeitpunkten, zu t1 und t2 sowie zusätzlich noch zu drei Messzeitpunkten im Interventionszeitraum (int1, int2, int3). Die MDBF-PDA-Abfrage erstreckte sich pro Erhebungszeitpunkt immer über drei Tage der Woche: Dienstag, Mittwoch und Donnerstag. Zu festgelegten Abfragezeitpunkten (direkt nach dem Aufstehen, 10:00 Uhr, 13:00 Uhr, 16:00 Uhr und 20:00 Uhr) wurden die Probanden im Laufe des Tages durch Vibration und/oder akustisches Signal daran erinnert, den Fragebogen durch Bedienen des Touchscreens auszufüllen. Um eine Antizipation des Signals mit eventuell assoziierter Verhaltensanpassung auszuschließen, wurde eine Zufallskomponente von ± 15 Minuten gewählt. War es dem Probanden nicht möglich, auf die Abfrage zu reagieren, wiederholte sich diese 5, 10 bis 15 Minuten nach der ursprünglichen Abfrage. Für die Überprüfung der akuten Auswirkungen des Lauftrainings auf die aktuelle psychische Befindlichkeit hatten die Probanden der IG zusätzlich drei weitere Abfragen direkt nach der Trainingseinheit sowie 20 und 40 Minuten nach der Trainingseinheit zu bearbeiten.

Zu den jeweiligen Abfragezeitpunkten mussten die Probanden auf die Aussage „Momentan fühle ich mich“ mit Angaben zu sechs bipolaren Items antworten, die jeweils siebenfach gestuft waren (siehe Abbildung 4.48).

Abbildung 4.48: Screenshot des MDBFPDA aus Jansen und Werner (2012), S. 53

Momentan fühle ich mich		
müde	0 1 2 3 4 5 6	wach
zufrieden	0 1 2 3 4 5 6	unzufrieden
unruhig	0 1 2 3 4 5 6	ruhig
energievoll	0 1 2 3 4 5 6	energielos
unwohl	0 1 2 3 4 5 6	wohl
entspannt	0 1 2 3 4 5 6	angespannt

Weiter

Die statistische Überprüfung der akuten Auswirkungen des Ausdauertrainings auf die aktuelle psychische Befindlichkeit erfolgt anhand der MDBF-PDA-Abfragen, die zuletzt vor (pre) und unmittelbar nach (post) der Trainingseinheit bearbeitet wurden. Hinsichtlich der zuletzt vor der Trainingseinheit ausgefüllten MDBF-PDA-Abfragen werden lediglich Daten berücksichtigt, welche innerhalb der letzten Stunde vor der Trainingseinheit erhoben wurden. Bei länger zurückliegenden MDBF-PDA-Abfragen kann nicht mehr davon ausgegangen werden, dass sie die aktuelle psychische Befindlichkeit der Probanden direkt vor der Trainingseinheit widerspiegeln. Aus diesem Grund können Daten, die dieses Kriterium nicht erfüllen, nicht als Ausgangswert für die statistische Analyse akuter Trainingseffekte herangezogen werden. Da sehr häufig entweder die MDBFPDA-Abfrage innerhalb der letzten Stunde vor oder unmittelbar nach der Trainingseinheit von den Probanden der IG nicht bearbeitet wurden, konnten von insgesamt 72 möglichen (zwei TE pro Messzeitpunkt int1, int2 und int3 bei $N(IG) = 12$) schließlich nur 37 Trainingseinheiten ausgewertet werden. In Anlehnung an Untersuchungen von Alfermann und Stoll (1996), welche sich ebenfalls mit akuten Befindlichkeitsveränderungen nach sportlicher Aktivität beschäftigten, wird für jeden Proband der IG ($N = 12$) aus seinen bearbeiteten MDBF-PDA-Abfragen vor und direkt nach der Trainingseinheit ein Mittelwert gebildet.

Die verschiedenen Items sind dabei den zuvor bereits beschriebenen drei

Dimensionen (GSa, RUa, WMa) zuzuordnen. Die Skalenwerte der Items reichen von „0“ bis „6“, wobei beide Extremwerte gleichbedeutend mit der Ausprägung „sehr“ sind. Jede Dimension enthält somit sowohl ein negativ als auch ein positiv gepoltes Item. Um für jede Dimension gleichgerichtete Skalenwerte zu erhalten, müssen die Items der negativen Befindlichkeitspole umkodiert werden. Die statistische Auswertung erfolgt anschließend anhand eines mittleren Skalenwerts je Dimension. Bei der Interpretation der Daten werden die verschiedenen Dimensionen getrennt voneinander betrachtet.

Ergebnis MDBF-PDA

Unmittelbar nach den Trainingseinheiten geben die Probanden der IG durchschnittlich für alle drei Dimensionen einen höheren Skalenwert an als noch zuvor. Die deutlichste Veränderung ist in der GSa-Dimension zu beobachten. Liegt der Mittelwert vor dem Training noch bei 3.48 ± 0.57 , so erreichen die Probanden im Anschluss daran einen mittleren Skalenwert von 4.10 ± 1.10 , was einer prozentualen Veränderung von 17,8 % entspricht. Für die WMa- (+10,4 %) und RU-Dimension (+6,2 %) zeigen sich geringere Veränderungen zwischen den Mittelwerten vor (WM: 3.38 ± 1.00 ; RU: 3.73 ± 1.24) und nach dem Training (WM: 3.73 ± 0.50 ; RU: 3.96 ± 0.58).

Die varianzanalytische Auswertung ergibt für die GS-Dimension einen marginal signifikanten Unterschied zwischen den Skalenwerten vor und nach einer Trainingseinheit ($F=3.993$, $df=1.11$, $p=0.071$, $\eta^2 = 0.266$). Die Effektgröße η^2 besagt, dass 26,6 % der Varianzaufklärung auf den Faktor Zeit zurückzuführen sind, was einem starken Effekt entspricht. Für die WM- ($F= 0.799$, $df=1.11$, $p=0.391$, $\eta^2 = 0.068$) und RU-Dimension ($F=1.190$, $df=1.11$, $p=0.299$; $\eta^2=0.098$) können keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten ermittelt werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden:

- Bei allen drei Dimensionen (GSa, RUa, WMa) weisen die Probanden nach einer Trainingseinheit höhere Skalenwerte auf.

- Die Veränderungen von pre zu post sind in allen drei Dimensionen (GSA, RUA, WMA) nicht signifikant, weisen jedoch
- bei der WMa- und RUA- Dimension einen mittleren Effekt auf (WMa $\eta^2 = 0.068$; RUA = 0.098) und
- bei der GSA-Dimension einen starken Effekt ($\eta^2 = 0.266$)

UH5.1c DIE GSA-DIMENSION IM MDBF-PDA UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

UH5.2c DIE WMA-DIMENSION IM MDBF-PDA UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

UH5.3c DIE RUA-DIMENSION IM MDBF-PDA UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

Für weitere Auswertungen zu den erhobenen MDBFPDA-Daten siehe Walter et al. (2013) sowie Jansen und Werner (2012).

SF-36

Für die Auswertung des SF-36 Health Survey werden die 8 Dimensionen Allgemeine Gesundheitswahrnehmung (AGES), Emotionale Rollenfunktion (EMRO), Psychisches Wohlbefinden (PSYCH), Körperliche Funktionsfähigkeit (KÖFU), Körperliche Rollenfunktion (KÖRO), Körperliche Schmerzen (SCHM), Soziale Funktionsfähigkeit (SOFU) und Vitalität (VITA) getrennt analysiert. Die Interventionsgruppe kann sich lediglich in den Dimensionen „Allgemeine Gesundheitswahrnehmung“, „Emotionale Rollenfunktion“ und „Körperliche Funktionsfähigkeit“ verbessern. Bei der Dimension „Emotionale Rollenfunktion“ kann sich die Kontrollgruppe mit einer Steigerung des Summenwerts um 13.1 % wesentlich mehr steigern als die Interventionsgruppe (+3.1 %). Bei der Dimension „Körperliche Funktionsfähigkeit“ kann sich die Interventionsgruppe deutlicher (+ 4.4 %) verbessern als die Kontrollgruppe (+2.9 %). Bei der

Subskala „Allgemeine Gesundheitswahrnehmung“ kann sich die Interventionsgruppe um 2.2 % verbessern, wohingegen sich die Kontrollgruppe um 2.7 % verschlechtert. Bei allen anderen Dimensionen verschlechtert sich die Interventionsgruppe und dies zumeist um ein Vielfaches der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 4.30).

Tabelle 4.30: Deskriptive Statistik – SF-36; Studie 3

		n	Testzeitpunkt 1					Testzeitpunkt 2					Differenz	
			M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	M	%
AGES	CG	9	74.89	77.00	13.57	47.00	90.00	72.89	77.00	20.08	25.00	97.00	-2.00	-2.67
	IG	12	81.00	82.00	12.37	57.00	97.00	82.75	82.00	13.97	47.00	100.00	1.75	2.16
EMRO	CG	9	85.19	100.00	33.79	0.00	100.00	96.30	100.00	11.11	66.67	100.00	11.11	13.04
	IG	12	88.89	100.00	16.41	66.67	100.00	91.67	100.00	20.72	33.33	100.00	2.78	3.13
PSYCH	CG	9	81.78	88.00	13.13	52.00	92.00	80.00	80.00	9.17	60.00	92.00	-1.78	-2.18
	IG	12	74.33	78.00	14.72	36.00	92.00	72.00	76.00	13.75	44.00	92.00	-2.33	-3.13
KÓFU	CG	9	95.00	100.00	7.50	80.00	100.00	97.78	100.00	3.63	90.00	100.00	2.78	2.93
	IG	12	94.58	100.00	7.53	80.00	100.00	98.75	100.00	2.26	95.00	100.00	4.17	4.41
KÓRO	CG	9	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	88.89	100.00	18.16	50.00	100.00	-11.11	-11.11
	IG	12	97.92	100.00	7.22	75.00	100.00	91.67	100.00	28.87	0.00	100.00	-6.25	-6.38
SCHM	CG	9	86.22	100.00	21.71	51.00	100.00	81.67	84.00	22.72	31.00	100.00	-4.55	-5.28
	IG	12	93.50	100.00	12.51	64.00	100.00	79.92	84.00	23.29	41.00	100.00	-13.58	-14.52
SOFU	CG	9	87.50	100.00	18.75	50.00	100.00	94.44	100.00	11.02	75.00	100.00	6.94	7.93
	IG	12	91.67	100.00	13.41	62.50	100.00	89.58	100.00	17.54	50.00	100.00	-2.09	-2.28
VITA	CG	9	59.44	65.00	16.29	35.00	80.00	58.33	65.00	13.23	35.00	70.00	-1.11	-1.87
	IG	12	60.42	60.00	14.53	40.00	85.00	55.00	52.50	14.14	35.00	80.00	-5.42	-8.97

Für die Veränderungen der psychischen Gesundheit:

Die Subskala „Vitalität“ (VITA) ergibt für die Kontrollgruppe eine geringe Reduktion des Skalenmittelwerts von 59.44 (SD=16.29) auf 58.33 (SD=13.23). Die Interventionsgruppe wechselt von dem Mittelwert 60.42 (SD=14.53) um den Wert 5.42 auf 55.00 (siehe Tabelle 4.30). Laut Tests und Quantilplots sind sowohl bei der IG als auch bei der CG die VITA-Werte zu t1 und t2 normalverteilt. Der Differenzwert der IG ist ebenfalls normalverteilt, der Differenzwert der CG ist nicht normalverteilt; der

Faktor Zeit hat keinen signifikanten Einfluss ($F=1.137$, $df=1$, $p=0.3$, $\text{Eta}^2=0.056$). Die Interaktion Zeit * Gruppe ist ebenfalls nicht signifikant ($F=0.495$, $df=1$, $p=0.49$; $\text{Eta}^2=0.025$). Bei den Differenzwerten besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($U=-0.718$, $p=0.473$). Die Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der CG ist nicht signifikant ($p=0.478$). Die Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der IG ist ebenfalls nicht signifikant ($t=-1.351$, $df=11$, $p=0.204$).

Die Subskala „Emotionale Rollenfunktion“ (EMRO) ergibt für die Kontrollgruppe einen Anstieg des Skalenmittelwerts von 85.19 ($SD=33.79$) auf 96.30 ($SD=11.11$). Auch die Interventionsgruppe kann sich steigern, allerdings von dem Mittelwert 88.89 ($SD=16.41$) nur um den Wert 2.78 auf 91.67 (siehe Tabelle 4.30). Laut Tests und Quantilplots sind die EMRO-Werte alle nicht normalverteilt. Zum Testzeitpunkt t1 besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($U=-0.360$, $p=0.719$). Zum Testzeitpunkt t2 besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($U=-0.409$, $p=0.683$). Bei den Differenzwerten tritt kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG auf ($U=-0.715$, $p=0.475$). Die äußerst positive Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der CG ist nicht signifikant ($p=0.180$). Die positive Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der IG ist ebenfalls nicht signifikant ($p=0.276$).

Die Subskala „Psychisches Wohlbefinden“ (PSYCH) ergibt für die Kontrollgruppe eine geringe Reduktion des Skalenmittelwerts von 81.78 ($SD=13.13$) auf 80.00 ($SD=9.17$). Auch der Mittelwert der Interventionsgruppe verringert sich von 74.33 ($SD=14.72$) um den Wert 2.33 auf 72.00 (siehe Tabelle 4.30).

Laut Tests und Quantilplots sind die PSYCH-Werte alle nicht normalverteilt. Zum Testzeitpunkt t1 besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($U=-1.694$, $p=0.090$). Zum Testzeitpunkt t2 ist kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG konstatierbar ($U=-1.625$, $p=0.104$). Bei den Differenzwerten besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($U=-0.180$, $p=0.857$). Die geringe negative Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der CG ist nicht signifikant ($p=0.493$). Die negative Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der IG ist

ebenfalls nicht signifikant ($p=0.837$).

Für die Veränderungen der physischen Gesundheit:

In der Dimension „Allgemeine Gesundheitswahrnehmung“ kann sich die Interventionsgruppe von dem Summenwert 81.0 ($SD = 12.37$) um 2.2 % auf den Wert 82.75 verbessern. Laut Tests und Quantilplots sind die statistische Überprüfung der akuten Auswirkungen des Ausdauertrainings auf die aktuelle psychische Befindlichkeit erfolgt anhand der MDBFPDA-Abfragen, die zuletzt vor (pre) und unmittelbar nach (post) der Trainingseinheit bearbeitet wurden. Hinsichtlich der zuletzt vor der Trainingseinheit ausgefüllten MDBFPDA-Abfragen werden lediglich Daten berücksichtigt, welche innerhalb der letzten Stunde vor der Trainingseinheit erhoben wurden. Bei länger zurückliegenden MDBFPDA-Abfragen kann nicht mehr davon ausgegangen werden, dass sie die aktuelle psychische Befindlichkeit der Probanden direkt vor der Trainingseinheit widerspiegeln. Aus diesem Grund können Daten, die dieses Kriterium nicht erfüllen, nicht als Ausgangswert für die statistische Analyse akuter Trainingseffekte herangezogen werden. Da sehr häufig entweder die MDBFPDA-Abfrage innerhalb der letzten Stunde vor oder unmittelbar nach der Trainingseinheit von den Probanden der IG nicht bearbeitet wurden, konnten von insgesamt 72 möglichen (zwei TE pro Messzeitpunkt int1, int2 und int3 bei $N(IG) = 12$) schließlich nur 37 Trainingseinheiten ausgewertet werden. In Anlehnung an Untersuchungen von Alfermann und Stoll (1996), welche sich ebenfalls mit akuten Befindlichkeitsveränderungen nach sportlicher Aktivität beschäftigten, wird für jeden Proband der IG ($N = 12$) aus seinen bearbeiteten MDBFPDA-Abfragen vor und direkt nach der Trainingseinheit ein Mittelwert gebildet.

Die verschiedenen Items sind dabei den zuvor bereits beschriebenen drei Dimensionen (GSa, RUa, WMa) zuzuordnen. Die Skalenwerte der Items reichen von „0“ bis „6“, wobei beide Extremwerte gleichbedeutend mit der Ausprägung „sehr“ sind. Jede Dimension enthält somit sowohl ein negativ als auch ein positiv gepoltes Item. Um für jede Dimension gleichgerichtete Skalenwerte zu erhalten, müssen die Items

der negativen Befindlichkeitspole umkodiert werden. Die statistische Auswertung erfolgt anschließend anhand eines mittleren Skalenwerts je Dimension. Bei der Interpretation der Daten werden die verschiedenen Dimensionen getrennt voneinander betrachtet.

Ergebnis MDBF-PDA

Unmittelbar nach den Trainingseinheiten geben die Probanden der IG durchschnittlich für alle drei Dimensionen einen höheren Skalenwert an als noch zuvor. Die deutlichste Veränderung ist in der GSa-Dimension zu beobachten. Liegt der Mittelwert vor dem Training noch bei 3.48 ± 0.57 , so erreichen die Probanden im Anschluss daran einen mittleren Skalenwert von 4.10 ± 1.10 , was einer prozentualen Veränderung von 17,8 % entspricht. Für die WMa- (+10.4 %) und RU-Dimension (+6,2 %) zeigen sich geringere Veränderungen zwischen den Mittelwerten vor (WM: 3.38 ± 1.00 ; RU: 3.73 ± 1.24) und nach dem Training (WM: 3.73 ± 0.50 ; RU: 3.96 ± 0.58).

Die varianzanalytische Auswertung ergibt für die GS-Dimension einen marginal signifikanten Unterschied zwischen den Skalenwerten vor und nach einer Trainingseinheit ($F=3.993$, $df=1.11$, $p=0.071$, $\eta^2 = 0.266$). Die Effektgröße η^2 besagt, dass 26,6 % der Varianzaufklärung auf den Faktor Zeit zurückzuführen sind, was einem starken Effekt entspricht. Für die WM- ($F= 0.799$, $df=1.11$, $p=0.391$, $\eta^2 = 0.068$) und RU-Dimension ($F=1.190$, $df=1.11$, $p=0.299$; $\eta^2=0.098$) können keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten ermittelt werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden:

- Bei allen drei Dimensionen (GSa, RUa, WMa) weisen die Probanden nach einer Trainingseinheit höhere Skalenwerte auf.
- Die Veränderungen von pre zu post sind in allen drei Dimensionen (GSA, RUA, WMA) nicht signifikant, weisen jedoch
- bei der WMa- und RUa- Dimension einen mittleren Effekt auf (WMa $\eta^2 = 0.068$; RUa = 0.098) und

- bei der GSa-Dimension einen starken Effekt ($\eta^2 = 0.266$)

UH5.1c DIE GSa-DIMENSION IM MDBF-PDA UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

UH5.2c DIE WMa-DIMENSION IM MDBF-PDA UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

UH5.3c DIE RUa-DIMENSION IM MDBF-PDA UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

Für weitere Auswertungen zu den erhobenen MDBFPDA-Daten siehe Walter et al. (2013) sowie Jansen und Werner (2012).

SF-36

Für die Auswertung des SF-36 Health Survey werden die 8 Dimensionen Allgemeine Gesundheitswahrnehmung (AGES), Emotionale Rollenfunktion (EMRO), Psychisches Wohlbefinden (PSYCH), Körperliche Funktionsfähigkeit (KÖFU), Körperliche Rollenfunktion (KÖRO), Körperliche Schmerzen (SCHM), Soziale Funktionsfähigkeit (SOFU) und Vitalität (VITA) getrennt analysiert. Die Interventionsgruppe kann sich lediglich in den Dimensionen „Allgemeine Gesundheitswahrnehmung“, „Emotionale Rollenfunktion“ und „Körperliche Funktionsfähigkeit“ verbessern. Bei der Dimension „Emotionale Rollenfunktion“ kann sich die Kontrollgruppe mit einer Steigerung des Summenwerts um 13.1 % wesentlich mehr steigern als die Interventionsgruppe (+3.1 %). Bei der Dimension „Körperliche Funktionsfähigkeit“ kann sich die Interventionsgruppe deutlicher (+ 4.4 %) verbessern als die Kontrollgruppe (+2.9 %). Bei der Subskala „Allgemeine Gesundheitswahrnehmung“ kann sich die Interventionsgruppe um 2.2 % verbessern, wohingegen sich die Kontrollgruppe um 2.7 % verschlechtert. Bei allen anderen Dimensionen verschlechtert sich die Interventionsgruppe und dies zumeist um ein Vielfaches der Kontrollgruppe (siehe Tabelle4.31).

Tabelle 4.31: Deskriptive Statistik – SF-36; Studie 3

		n	Testzeitpunkt 1					Testzeitpunkt 2					Differenz	
			M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	M	%
AGES	CG	9	74.89	77.00	13.57	47.00	90.00	72.89	77.00	20.08	25.00	97.00	-2.00	-2.67
	IG	12	81.00	82.00	12.37	57.00	97.00	82.75	82.00	13.97	47.00	100.00	1.75	2.16
EMRO	CG	9	85.19	100.00	33.79	0.00	100.00	96.30	100.00	11.11	66.67	100.00	11.11	13.04
	IG	12	88.89	100.00	16.41	66.67	100.00	91.67	100.00	20.72	33.33	100.00	2.78	3.13
PSYCH	CG	9	81.78	88.00	13.13	52.00	92.00	80.00	80.00	9.17	60.00	92.00	-1.78	-2.18
	IG	12	74.33	78.00	14.72	36.00	92.00	72.00	76.00	13.75	44.00	92.00	-2.33	-3.13
KÖFU	CG	9	95.00	100.00	7.50	80.00	100.00	97.78	100.00	3.63	90.00	100.00	2.78	2.93
	IG	12	94.58	100.00	7.53	80.00	100.00	98.75	100.00	2.26	95.00	100.00	4.17	4.41
KÖRO	CG	9	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	88.89	100.00	18.16	50.00	100.00	-11.11	-11.11
	IG	12	97.92	100.00	7.22	75.00	100.00	91.67	100.00	28.87	0.00	100.00	-6.25	-6.38
SCHM	CG	9	86.22	100.00	21.71	51.00	100.00	81.67	84.00	22.72	31.00	100.00	-4.55	-5.28
	IG	12	93.50	100.00	12.51	64.00	100.00	79.92	84.00	23.29	41.00	100.00	-13.58	-14.52
SOFU	CG	9	87.50	100.00	18.75	50.00	100.00	94.44	100.00	11.02	75.00	100.00	6.94	7.93
	IG	12	91.67	100.00	13.41	62.50	100.00	89.58	100.00	17.54	50.00	100.00	-2.09	-2.28
VITA	CG	9	59.44	65.00	16.29	35.00	80.00	58.33	65.00	13.23	35.00	70.00	-1.11	-1.87
	IG	12	60.42	60.00	14.53	40.00	85.00	55.00	52.50	14.14	35.00	80.00	-5.42	-8.97

Für die Veränderungen der psychischen Gesundheit:

Die Subskala „Vitalität“ (VITA) ergibt für die Kontrollgruppe eine geringe Reduktion des Skalenmittelwerts von 59.44 (SD=16.29) auf 58.33 (SD=13.23). Die Interventionsgruppe wechselt von dem Mittelwert 60.42 (SD=14.53) um den Wert 5.42 auf 55.00 (siehe Tabelle 4.31). Laut Tests und Quantilplots sind sowohl bei der IG als auch bei der CG die VITA-Werte zu t1 und t2 normalverteilt. Der Differenzwert der IG ist ebenfalls normalverteilt, der Differenzwert der CG ist nicht normalverteilt; der Faktor Zeit hat keinen signifikanten Einfluss ($F=1.137$, $df=1$, $p=0.3$, $\eta^2=0.056$). Die Interaktion Zeit * Gruppe ist ebenfalls nicht signifikant ($F=0.495$, $df=1$, $p=0.49$; $\eta^2=0.025$). Bei den Differenzwerten besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($U=-0.718$, $p=0.473$). Die Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der CG ist nicht signifikant ($p=0.478$). Die Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der IG ist

ebenfalls nicht signifikant ($t=-1.351$, $df=11$, $p=0.204$).

Die Subskala „Emotionale Rollenfunktion“ (EMRO) ergibt für die Kontrollgruppe einen Anstieg des Skalenmittelwerts von 85.19 (SD=33.79) auf 96.30 (SD=11.11). Auch die Interventionsgruppe kann sich steigern, allerdings von dem Mittelwert 88.89 (SD=16.41) nur um den Wert 2.78 auf 91.67 (siehe Tabelle 4.31). Laut Tests und Quantilplots sind die EMRO-Werte alle nicht normalverteilt. Zum Testzeitpunkt t1 besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($U=-0.360$, $p=0.719$). Zum Testzeitpunkt t2 besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($U=-0.409$, $p=0.683$). Bei den Differenzwerten tritt kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG auf ($U=-0.715$, $p=0.475$). Die äußerst positive Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der CG ist nicht signifikant ($p=0.180$). Die positive Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der IG ist ebenfalls nicht signifikant ($p=0.276$).

Die Subskala „Psychisches Wohlbefinden“ (PSYCH) ergibt für die Kontrollgruppe eine geringe Reduktion des Skalenmittelwerts von 81.78 (SD=13.13) auf 80.00 (SD=9.17). Auch der Mittelwert der Interventionsgruppe verringert sich von 74.33 (SD=14.72) um den Wert 2.33 auf 72.00 (siehe Tabelle 4.31).

Laut Tests und Quantilplots sind die PSYCH-Werte alle nicht normalverteilt. Zum Testzeitpunkt t1 besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($U=-1.694$, $p=0.090$). Zum Testzeitpunkt t2 ist kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG konstatierbar ($U=-1.625$, $p=0.104$). Bei den Differenzwerten besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($U=-0.180$, $p=0.857$). Die geringe negative Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der CG ist nicht signifikant ($p=0.493$). Die negative Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der IG ist ebenfalls nicht signifikant ($p=0.837$).

Für die Veränderungen der physischen Gesundheit:

In der Dimension „Allgemeine Gesundheitswahrnehmung“ kann sich die Interventionsgruppe von dem Summenwert 81.0 (SD = 12.37) um 2.2 % auf den Wert 82.75 verbessern. Laut Tests und Quantilplots sind die AGES-Werte für die CG und IG zu t1 und bei den Differenzwerten nor-

malverteilt, nicht jedoch für t2. Somit wird für die Gruppenunterschiede zu t1 und bei den Differenzwerten der t-Test gerechnet. Für t2 wird der nichtparametrische Mann-Whitney-Test angewendet; zum Testzeitpunkt t1 besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($t=-1.075$, $df=19$, $p=0.296$). Zum Testzeitpunkt t2 ist kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG existent ($U=-1.470$, $p=0.142$). Bei den Differenzwerten besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($t=-0.514$, $df=19$, $p=0.613$). Die positive Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der IG ist nicht signifikant ($t=0.296$, $df=11$, $p=0.773$). Die negative Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der CG ist ebenfalls nicht signifikant ($t=-.432$, $df=8$, $p=0.677$).

Die Subskala „Körperliche Funktionsfähigkeit“ (KÖFU) ergibt für die Kontrollgruppe einen leichten Anstieg des Skalenmittelwerts von 95.00 ($SD=7.50$) auf 97.78 ($SD=3.63$). Die Interventionsgruppe kann sich ebenfalls von dem Mittelwert 94.58 ($SD=7.53$) um den Wert 4.17 auf 98.75 steigern (siehe Tabelle 4.31).

Laut Tests und Quantilplots sind die KÖFU-Werte alle nicht normalverteilt. Zum Testzeitpunkt t1 existiert kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($U=0.000$, $p=1.000$). Zum Testzeitpunkt t2 besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($U=-0.540$, $p=0.589$). Bei den Differenzwerten ist kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG zu konstatieren ($U=-0.316$, $p=0.752$). Die geringe positive Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der CG ist nicht signifikant ($p=0.102$). Die positive Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der IG ist ebenfalls nicht signifikant ($p=0.068$).

Die Subskala „Körperliche Rollenfunktion“ (KÖRO) ergibt für die Kontrollgruppe keine Veränderung. Die Interventionsgruppe verschlechtert sich von dem Mittelwert 97.92 ($SD = 7.22$) um den Wert 6.24 auf 91.67 (siehe Tabelle 4.31)

Laut Tests und Quantilplots sind die KÖRO-Werte alle nicht normalverteilt; zum Testzeitpunkt t1 besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($U=0.866$, $p=0.386$).

Zum Testzeitpunkt t2 besteht kein signifikanter Unterschied zwischen

CG und IG ($U=-1.245$, $p=0.213$). Bei den Differenzwerten besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($U=-1.427$, $p=0.153$). Die Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der CG ist nicht signifikant ($p=0.102$). Die Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der IG ist ebenfalls nicht signifikant ($p=0.655$).

Die Subskala „Körperliche Schmerzen“ (SCHM) ergibt für die Kontrollgruppe eine Verringerung des Skalenmittelwerts von 86.22 (SD=21.71) auf 81.67 (SD=22.72). Die Interventionsgruppe hingegen fällt von dem Mittelwert 93.50 (SD=12.51) um den Wert 13.58 auf 79.92 ab (siehe Tabelle 4.31). Laut Tests und Quantilplots ist nur der Differenzwert der CG der Subskala „Körperliche Schmerzen“ normalverteilt. Zum Testzeitpunkt t1 besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($U=-0.669$, $p=0.504$). Zum Testzeitpunkt t2 besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($U=-0.037$, $p=0.970$). Bei den Differenzwerten besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($U=-0.519$, $p=0.604$). Die negative Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der CG ist nicht signifikant ($t=-0.392$, $df=8$, $p=0.705$). Die negative Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der IG ist leicht signifikant ($p=0.042$).

Für die soziale Gesundheit:

Die Subskala „Soziale Funktionsfähigkeit“ (SOFU) ergibt für die Kontrollgruppe eine deutliche Steigerung des Skalenmittelwerts von 87.50 (SD=18.75) auf 94.44 (SD=11.02). Die Interventionsgruppe hingegen verringert sich von dem Mittelwert 91.67 (SD=13.41) um den Wert 2.08 auf 89.58 (siehe Tabelle 4.31)

Laut Tests und Quantilplots sind die SOFU-Werte sämtlich nicht normalverteilt. Zum Testzeitpunkt t1 besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($U=-0.530$, $p=0.596$). Zum Testzeitpunkt t2 liegt kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG vor ($U=-0.625$, $p=0.532$). Bei den Differenzwerten besteht kein signifikanter Unterschied zwischen CG und IG ($U=-1.723$, $p=0.085$). Die Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der CG ist nicht signifikant ($p=0.059$). Die Veränderung von t1 zu t2 innerhalb der IG ist ebenfalls nicht signifikant ($p=0.458$).

Die statistische Überprüfung ergibt bei allen acht Subskalen, dass kei-

ne statistisch relevanten Veränderungen des subjektiven Wohlbefindens im Vergleich zwischen der IG und CG und auch nicht über die Zeit vorliegen. Dennoch zeigen sich Tendenzen, die hier noch einmal zusammengefasst dargestellt werden;

Bei den Subskalen, welche der **physischen Gesundheit** zugeordnet werden, verbessert sich die IG in der Subskala KÖFU deutlich mehr als die CG – der ohnehin schon hohe Skalenwert AGES kann in der IG noch weiter gesteigert werden und geht bei der CG weiter zurück. Bei der Subskala verschlechtern sich beide Gruppen, wohingegen die Veränderung in der Kontrollgruppe deutlich geringer ausfällt.

Bei der **psychischen Gesundheit** verschlechtert sich bei den Subskalen PSYCH und VITA sowohl die IG als auch die CG, wobei die Verschlechterung bei VITA in der CG wesentlich geringer ausfällt. Die CG kann sich für die Subskala EMRO verbessern.

Bei der Subskala SOFU, welche in der vorliegenden Arbeit die soziale Gesundheit umfasst, kann sich die CG deutlich steigern.

Für die Überprüfung der psychischen Gesundheit muss die Nullhypothese formuliert werden:

UH7.1c DER SF-36 IN DEN DIMENSIONEN VITA, EMRO UND PSYCH UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

Für die Überprüfung der sozialen Gesundheit muss ebenfalls die Nullhypothese formuliert werden:

UH7.3c DER SF-36 IN DEN DIMENSIONEN SOFU UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

Für die Überprüfung der physischen Gesundheit muss ebenfalls die Nullhypothese formuliert werden:

UH7.2c DER SF-36 IN DEN DIMENSIONEN KÖFU, KÖRO, SCHM UND AGES UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

4.7.7 Veränderung der physischen Gesundheit

BMI

Tabelle 4.32: Deskriptive Statistik – BMI der Stichprobe in Studie 3

	n	Testzeitpunkt 1					Testzeitpunkt 2					Differenz	
		M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn
BMI [kg/m ²]	CG	21.98	20.90	3.70	18.30	29.60	21.99	20.30	3.58	18.40	29.00	0.01	-0.60
	IG	23.12	23.05	2.75	19.40	29.70	23.26	23.45	2.88	18.80	29.80	0.14	0.40

UH8.1c DER BMI UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

4.7.8 Veränderung der körperlichen Aktivität

Aktivitätsintensität

Zur Überprüfung der Aktivitätsintensität trugen alle Probanden Aktivitätssensoren.

Aus den im Aktivitätssensor erfassten Rohdaten (Beschleunigungswerte in g) wird die Aktivitätsintensität in mg berechnet. Diese Aktivitätsintensität ist der Mittelwert der Beschleunigungsbeträge pro Minute. (Für eine Interpretation des Aktivitätsverhaltens in der Einheit MET/Tag siehe Jansen und Werner (2012). In der vorliegenden Arbeit wird ausschließlich auf die Auswertung in mg fokussiert, da diese Rohdaten aussagekräftiger für den interindividuellen Vergleich sind.)

Im nächsten Schritt werden zunächst die Zeiten bestimmt, in denen der Sensor nicht getragen wurde. Liegt ein Wert unter der festgesetzten Schwelle von 8 mg und alle Werte der darauffolgenden Stunde liegen

ebenfalls unter dieser Schwelle, so werden diese Werte als „nicht getragene Werte“ identifiziert. Diese „nicht getragenen Werte“ werden ins Verhältnis gesetzt zu den 24 h, welche der Sensor pro Tag maximal getragen werden kann (off-ratio). Alle Werte, die nicht die Mindestanforderung 8 Stunden pro Tag getragen erfüllen, bzw. eine off-ratio $> 67\%$ haben, werden für die weiteren Berechnungen nicht berücksichtigt. Ebenso wurde mit Daten verfahren, von denen angenommen wurde, dass der Sensor über das geforderte Maß getragen wurden. Es wurde vorausgesetzt, dass jeder Teilnehmer den Beschleunigungssensor für mindestens 8 Stunden pro Tag trug. Dabei wurde die Schlafenszeit und die Zeit, in welcher der Sensor aus technischen Gründen (Duschen, Schwimmen etc.) abgelegt werden musste, nicht mitberechnet. Die Teilnehmer wurden dazu angewiesen, während der Nacht den Sensor abzulegen, trotzdem hatten offenbar einige Studienteilnehmer den Sensor während des Schlafens an. Wenn ein Teilnehmer ein off-Verhältnis $< 10\%$ hatte, wurde angenommen, dass der Sensor während der Schlafenszeit getragen wurde. Um vergleichbare Ergebnisse zu erlangen, wurden alle Tage von Teilnehmern, welche ein off-Verhältnis $< 10\%$ hatten, von der Analyse ausgeschlossen. Für die Erfassung von jedem Erhebungszeitraum (pre, während (int) und post-Interventionszeitraum), war eine Mindesttragezeit von 7 Tagen (10.080 Minuten) erforderlich. Die Tragezeit variierte während der Interventionsphase extrem zwischen den Teilnehmern; einige Teilnehmer erreichten gerade die erforderliche Mindesttragezeit von 7 Tagen, andere trugen den Bewegungssensor bis zu 62 Tage. Für die Berechnung der Tragezeit wurde nur die „aktive Tragezeit“ während der Tageszeit berücksichtigt.

Während die Tragezeit vor Beginn der Intervention in beiden Gruppen annähernd gleich war (CG = 46 %; IG = 44 %) ⁷, trug die IG den Sensor während dem Interventionszeitraum deutlich mehr als die CG (IG = 266 %; CG = 148 %). Während die IG durch die vorgegebenen Trainingseinheiten zweimal wöchentlich in Kontakt mit der Studienleitung standen, gestaltete es sich sehr schwierig, Termine mit Teilnehmern der

⁷100 % entsprechen einer Tragezeit von 7 Tagen (10.080 Minuten).

CG zu vereinbaren, um die Sensoren auszutauschen.

Die Tragezeit sank in beiden Gruppen im Vergleich zwischen vor und nach der Intervention um 15 %. Während die Teilnehmer den Beschleunigungssensor während des Pre-Interventionszeitraums ca. 73 Stunden trugen, waren es während des Post-Interventionszeitraums bei der IG durchschnittlich nicht mehr als 55 Stunden und bei der Kontrollgruppe nicht mehr als 40 Stunden. Die körperliche Aktivität (Mittelwert der Aktivitätsintensität) – analysiert über den gesamten Interventionszeitraum (pre, int, post) – unterscheidet sich zwischen der Kontroll- und Interventionsgruppe. Die Varianzanalyse zeigte für die mittlere Bewegungsintensität eine signifikante Interaktion für „Zeit * Gruppe“ ($F=3.40$, $df=2.36$, $p=0.04$, $\eta^2 = 0.16$).

Der Mittelwert (Mittelwert in mg zu den einzelnen Erhebungszeiten siehe Tabelle 4.33) der mittleren Bewegungsintensität vor der Intervention (pre) war in beiden Gruppen ähnlich (Unterschied nicht signifikant). Im Vergleich zur CG, bei welcher sich das mittlere Intensitätslevel von vor der Intervention (pre) zur Erhebung während der Intervention (int) verringerte, erhöhte sich das Intensitätslevel der Interventionsgruppe signifikant ($t=-3.35$, $df=9$, $p=0.008$). Im post-Interventionszeitraum zeigte die CG ein ähnliche Bewegungsintensität wie vor dem Interventionszeitraum (pre). Die Aktivitätsintensität der IG verringerte sich nach dem Interventionszeitraum (post), blieb aber dennoch auf einem höheren Niveau als vor der Interventionszeitraum (siehe Tabelle 4.33).

Tabelle 4.33: Bewegungsintensität zu den einzelnen Erhebungszeitpunkten in mg

		mg pre		mg int		mg post		
		n	M	SD	M	SD	M	SD
Bewegungsintensität[mg]	CG	10	82.5	17.6	78.0	16.1	81.0	27.1
	IG	10	83.9	33.4	98.0	15.3	87.5	23.7

Beide Gruppen verbrachten bei allen drei Messzeitpunkten die meiste

Zeit in der untersten Intensitätsstufe (0-99 mg). Es konnten keine signifikanten Änderungen über die Zeit (pre, int, post) bezüglich unterschiedlicher Aktivitätslevel ausgemacht werden. Die IG erhöht ihre Zeit in der höchsten Intensitätsstufe (1000-9999 mg) während des Interventionszeitraums von 0 auf 1 % (dies entspricht nach Kanning, Ebner-Priemer und Brand (2012) der Intensität eines Lauftrainings), zeigte aber eine Abnahme nach dem Interventionszeitraum um 0.2 % (siehe Tabelle 4.34).

Tabelle 4.34: verbrachte Zeit (min) im jeweiligen Aktivitätslevel (mg) in Prozent (%) aus Walter et al. (2013, S. 6)

	Minutes in total (min)		Minutes spent in activity intensity level (AL in mg) in percent (%)									
	EG	CG	AL 0-99 mg		AL 100-199 mg		AL 200-299 mg		AL 300-399 mg		AL 400-499 mg	
			EG	CG	EG	CG	EG	CG	EG	CG	EG	CG
pre	844.7	831.0	75.2%	76.8%	13.1%	13.9%	5.5%	4.8%	2.7%	2.0%	1.8%	1.1%
int	808.2	816.3	73.3%	75.8%	13.7%	14.4%	5.7%	4.8%	2.6%	2.1%	1.6%	1.3%
post	828.1	814.2	73.7%	75.7%	14.1%	13.8%	5.8%	5.0%	2.9%	2.5%	1.7%	1.6%

	Minutes spent in activity intensity level (AL in mg) in percent (%)											
	AL 500-599 mg		AL 600-699 mg		AL 700-799 mg		AL 800-899 mg		AL 900-999 mg		AL 1000-9999 mg	
	EG	CG	EG	CG	EG	CG	EG	CG	EG	CG	EG	CG
pre	1.1%	0.7%	0.4%	0.5%	0.2%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%
int	1.0%	0.8%	0.5%	0.5%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	1.0%	0.3%
post	0.9%	0.9%	0.4%	0.5%	0.2%	0.3%	0.2%	0.2%	0.0%	0.2%	0.2%	0.6%

Resümierend kann festgestellt werden:

- Die körperliche Aktivität (Mittelwert der Aktivitätsintensität) analysiert über den gesamten Interventionszeitraum (pre, int, post) unterscheidet sich signifikant zwischen der Kontroll- und Interventionsgruppe. Die Varianzanalyse zeigte für die mittlere Bewegungsintensität eine signifikante Interaktion für „Zeit * Gruppe“ ($F=3.40$, $df=2.36$, $p=0.04$, $\eta^2 = 0.16$).

* UH9.1c DIE BEWEGUNGSINTENSITÄT (MG) UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT. *

4.7.9 Zusammenfassung

In dieser Studie 3 konnte die IG sowohl an der 2 mmol/l-Schwelle als auch an der 4 mmol/l-Schwelle ihre Laufgeschwindigkeit deutlich steigern. Hier lässt sich also eine signifikante Verbesserung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit ($U = -2.95$, $p = 0.00$) und der anaeroben Ausdauerleistungsfähigkeit ($t = -2.36$, $df = 19$, $p = .03$) nachweisen.

Wie in Studie 1 und 2 zuvor auch verbessert sich die Anzahl der Fehler beim Arbeitsgedächtnistest wesentlich deutlicher in der Interventionsgruppe als in der Kontrollgruppe, bzw. in Studie 3 begeht die Kontrollgruppe noch mehr Fehler zum Testzeitpunkt 1 als zum Testzeitpunkt 2. Bei der Anzahl der Auslasser verbessern sich beide Gruppen, die Kontrollgruppe allerdings deutlicher als die Interventionsgruppe. Beim Median der Reaktionszeit kann sich die IG so deutlich im Vergleich zur CG steigern, dass die Veränderung signifikant wird ($U = -2.16$, $p = .03$).

Bei der Daueraufmerksamkeitsleistung verbessern sich – wie auch schon zuvor in den anderen beiden Studien wieder – sowohl die IG als auch die CG. Allerdings fällt die Verbesserung der IG nur bei der Anzahl der Auslasser deutlicher aus als bei der CG.

Bei der Veränderung der habituellen Befindlichkeit zeigt sich an dieser Stelle wieder, dass sich die Interventionsgruppe bei der WM-Dimension im Vergleich zur Kontrollgruppe deutlich verschlechtert. Bei der GS- und RU- Dimension verschlechtert sich die IG ebenfalls und die CG kann sich verbessern.

Im Gegensatz zur habituellen Befindlichkeit weist die IG direkt nach einer Trainingseinheit in allen drei Dimensionen G_{Sa}, R_{Ua}, W_{Ma} höhere Skalenwerte auf als vor dem Training. Die Veränderungen von pre zu post sind in allen drei Dimensionen (G_{Sa}, R_{Ua}, W_{Ma}) nicht signifikant, weisen jedoch bei der W_{Ma}- und R_{Ua}- Dimension einen mittleren Effekt auf (W_{Ma} $\eta^2 = 0.068$; R_{Ua} = 0.098) und bei der G_{Sa}-Dimension einen starken Effekt ($\eta^2 = 0.266$).

Beim SF-36 profitiert die IG gegenüber der CG in der Subskala AGES, EMRO und KÖFU. Bei allen anderen Subskalen zeigen sich keine Ver-

änderungen oder aber die Kontrollgruppe verbessert sich mehr oder in gleichem Maße wie die IG. Die positiven Veränderungen und Unterschiede zwischen den Gruppen sind alle nicht signifikant.

Durch die Kontrolle der körperlichen Aktivität mittels Beschleunigungssensoren konnte gezeigt werden, dass sich die Bewegungsintensität während des Interventionszeitraums von Studie 3 signifikant zwischen IG und CG unterscheidet. Auch nach Ende der Laufintervention weist die Interventionsgruppe noch höhere Werte der Bewegungsintensität auf als die Kontrollgruppe.

4.7.10 Diskussion

Die Auszubildenden stellten nicht wie zuvor angenommen eine kognitive schwächere Stichprobe dar. Wie sich bei der Erhebung der demografischen Daten zeigte verfügten auch hier die meisten Auszubildenden über Abitur. Die Tendenzen sind somit ähnlich wie in den Studien zuvor, es konnte nur eine signifikante Verbesserung beim Median in der Arbeitsgedächtnisleistung der IG gegenüber der CG erreicht werden. In weiteren Studien zu überlegen eventuell sensitiver Messverfahren bezgl. der Erfassung der kognitiven Parameter einzusetzen. Des Weiteren ist es ein interessanter Ansatz weitere Studien die die Erfassung der aktuellen Befindlichkeit erheben durchzuführen und den möglichen akuten Einfluss der körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit zu untersuchen.

4.8 Overall-Betrachtung; Studien 1-3

4.8.1 Hintergrund

Die Verbesserungen der Ausdauerleistungsfähigkeit konnte in den Studien 1 und 3 signifikant nachgewiesen werden.

Am deutlichsten zeigt sich die Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit in Studie 1 und 3 bei der Laufgeschwindigkeit an der 2 mmol-

Schwelle.

In Studie 2 offenbart sich im Walking-Test die Veränderung der Laufgeschwindigkeit nicht signifikant, weist jedoch eine hohe Effektstärke auf ($F[1, 23] = 2.52$, $p = .12$, $\eta^2 = .099$). Es kann somit in allen drei Studien gezeigt werden, dass die Interventionsgruppe deutlicher als die Kontrollgruppe ihre Ausdauerleistungsfähigkeit verbessert.

Die Kognitions- und Befindlichkeitswerte liegen zum Testzeitpunkt 1 (wie aus den vorangehenden Kapiteln zu entnehmen ist) zwischen Interventions- und Kontrollgruppe so eng beieinander, dass die drei Studien zu einer Studie zusammengefasst werden. Diese sogenannte overall-Betrachtung (oa) ermöglicht es, Tendenzen deutlicher herauszustellen. Obwohl nicht alle Variablen normalverteilt sind, erfolgt die statistische Analyse mittels der Varianzanalyse. Laut Bortz (2005) reagiert die ANOVA bei gleich großen Stichproben und bei großen Stichproben ($n > 10$) robust gegenüber Verletzungen der Voraussetzungen.

Aus der Zusammenlegung aller drei Studien ergibt sich die im folgenden Kapitel 4.8.2 beschriebenen Stichprobe.

4.8.2 Stichprobe

Interventions- und Kontrollgruppe

An allen Studien zusammen nahmen insgesamt 72 Probanden teil, 37 in der Kontrollgruppe, 35 in der Interventionsgruppe.

Tabelle 4.35: Deskriptive Statistik – Alter der Stichprobe in von den Studien 1-3 (overall)

		Kontrollgruppe						Interventionsgruppe						Gesamt					
		n	M	Mdn	SD	Min	Max	n	M	Mdn	SD	Min	Max	n	M	Mdn	SD	Min	Max
Alter [Jahre]	♂	20	23.6	22.9	3.7	18.0	31.2	15	22.4	22.9	3.7	16.8	27.5	35	23.1	22.9	3.7	16.8	31.2
	♀	17	22.2	21.7	3.1	16.8	30.2	20	22.2	21.7	3.3	18.5	33.9	37	22.2	21.7	3.2	16.8	33.9
	Gesamt	37	23.0	22.2	3.5	16.8	31.2	35	22.3	21.9	3.4	16.8	33.9	72	22.6	22.1	3.4	16.8	33.9

4.8.3 Fragestellungen und Hypothesen

Das zentrale Ziel dieser Overall-Betrachtung besteht darin, zu überprüfen, ob sich bei einer größeren Stichprobe (das bedeutet, dass in diesem Fall die 3 Studien zusammengefasst werden) signifikante Veränderungen zeigen. Die Overall-Analyse kann nur mit den Variablen durchgeführt werden, die in allen 3 Studien erfasst wurden.

Somit lauten die zentralen Fragestellungen dieser Overall-Analyse:

- Verändert sich durch das Ausdauertraining die kognitive Leistungsfähigkeit (Arbeitsgedächtnisleistung und Daueraufmerksamkeitsleistung)?
- Verändert sich durch das Ausdauertraining das Wohlbefinden (habituelle Befindlichkeit)?
- Verändert sich durch das Ausdauertraining der BMI?

Die entsprechenden Alternativhypothesen lauten

- für die Überprüfung der Veränderung der Arbeitsgedächtnisleistung:

UH2.1oa Die Anzahl der Fehler im Arbeitsgedächtnistest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.
--

UH2.2oa Die Anzahl der Auslasser im Arbeitsgedächtnistest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH2.3oa Der Median der Reaktionszeit im Arbeitsgedächtnistest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

- für die Überprüfung der Veränderung der Daueraufmerksamkeitsleistung:

UH3.1oa Die Anzahl der Fehler im Daueraufmerksamkeitstest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH3.2oa Die Anzahl der Auslasser im Daueraufmerksamkeitstest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH3.3oa Der Median der Reaktionszeit im Daueraufmerksamkeitstest unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

– für die Überprüfung der Veränderung der psychischen Gesundheit:

UH4.1oa Die GS-Dimension im MDBF unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH4.2oa Die WM-Dimension im MDBF unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

UH4.3oa Die RU-Dimension im MDBF unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

– für die Überprüfung der Veränderung der physischen Gesundheit:

UH8.1oa Der BMI unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

4.8.4 Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit – Arbeitsgedächtnis

Wie auch zuvor bei der Betrachtung der einzelnen Studien werden bei der overall-Analyse für die Beurteilung der Arbeitsgedächtnisleistung die Anzahl der Fehler, die Anzahl der Auslasser und der Median (Reaktionsgeschwindigkeit in Millisekunden (ms)) einbezogen.

AG – Anzahl der Fehler

Betrachtet man die Studien einzeln, so wird erkennbar, dass die Anzahl der Fehler in allen drei Studien abnimmt. Einzige Ausnahme ist hierbei in Studie 3 die Kontrollgruppe, bei der die Fehleranzahl zunimmt (siehe Tabelle 4.36).

Tabelle 4.36: Studien 1, 2, 3: Arbeitsgedächtnistest, Anzahl Fehler – Veränderung von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) im Mittelwert (Diff M) und prozentuale Veränderung (Diff %)

TAP – AG			n	M (t1)	M (t2)	Diff M	Diff %
Studie 1	Fehler [Anzahl]	CG	15	0.73	0.29	-0.44	-60.27
		IG	11	1.36	0.90	-0.46	-33.82
Studie 2	Fehler [Anzahl]	CG	13	1.15	0.69	-0.46	-40.00
		IG	12	1.83	0.75	-1.08	-59.02
Studie 3	Fehler [Anzahl]	CG	9	0.44	0.63	0.19	43.18
		IG	12	1.50	0.92	-0.58	-38.67

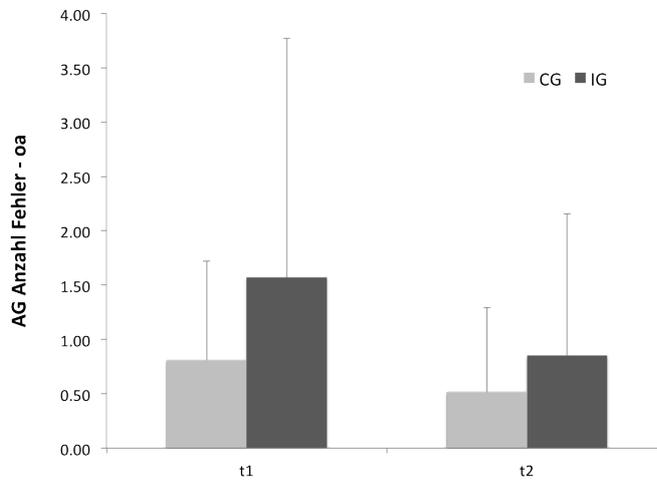
Aus den Ergebnissen der einzelnen Studien lässt sich nur schwer schlussfolgern, ob sich die Anzahl der Fehler beim Arbeitsgedächtnistest nun durch ein Ausdauertraining verbessert. Die overall-Analyse mittels der ANOVA soll hierüber Aufschluss vermitteln.

Die zu untersuchende Fragestellung UH1.10a lautet: Unterscheidet sich durch ein Ausdauertraining die Anzahl der Fehler beim Arbeitsgedächtnistest in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit?

In die overall-Analyse gehen alle 37 Probanden der Kontrollgruppe und alle 35 Probanden der Interventionsgruppe mit ein.

Die deskriptive Betrachtung zeigt, dass sich die Anzahl der Fehler, sowohl in der Kontrollgruppe als auch in der Interventionsgruppe verbessert (siehe Abbildung4.49).

Abbildung 4.49: Deskriptive Statistik overall (oa) - Arbeitsgedächtnistest (AG), Anzahl der Fehler zu Testzeitpunkt 1 (t1) und Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG)



Deskriptive Statistik – Arbeitsgedächtnistest (AG), Anzahl der Fehler zu Testzeitpunkt 1 (t1) und Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG). Dabei verbessert sich die Interventionsgruppe mit einer Reduktion der durchschnittlichen Anzahl der Fehler von 1.57 auf 0.85 mit 45.7 % deutlicher als die Kontrollgruppe mit 36,6 %.

Alle Werte, welche die Veränderung der Fehleranzahl zwischen Testzeitpunkt 1 und Testzeitpunkt 2 sowie die Unterschiede zwischen der Interventions- als auch der Kontrollgruppe beschreiben, sind in nachfolgender Tabelle 4.37 zusammengefasst.

Tabelle 4.37: overall: Arbeitsgedächtnistest, Anzahl Fehler – Deskriptive Statistik und Differenz von Testzeitpunkt 1 zu Testzeitpunkt 2 im Mittelwert (Diff M) und prozentuale Veränderung (Diff %)

TAP – AG	Testzeitpunkt 1						Testzeitpunkt 2						Differenz	
	n	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	Diff M	Diff %	
Fehler [Anzahl]	CG	35	0.81	1.00	0.91	0.00	3.00	0.51	0.00	0.78	0.00	3.00	-0.30	-36.57
	IG	34	1.57	1.00	2.20	0.00	12.00	0.85	0.00	1.31	0.00	4.00	-0.72	-45.72

Die Varianzanalyse mit Messwiederholung ergibt, dass die Zeit einen signifikanten Haupteffekt ($F [1,67] = 5.69, p = .02, \eta^2 .078$) aufweist.

Auch die Gruppe hat einen signifikanten Effekt ($F [1,67] = 4.50, p = .04, \eta^2 .063$). Die Interaktion Zeit * Gruppe ist nicht signifikant ($F [1,67] = 1.10, p = .30, \eta^2 .016$).

Für die Beantwortung der Fragestellung „UH1.10a: Unterscheidet sich durch ein Ausdauertraining die Anzahl der Fehler beim Arbeitsgedächtnistest in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit?“ muss die Nullhypothese angenommen werden.

UH2.10a DIE ANZAHL DER FEHLER IM ARBEITSGEDÄCHTNISTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

AG – Anzahl der Auslasser

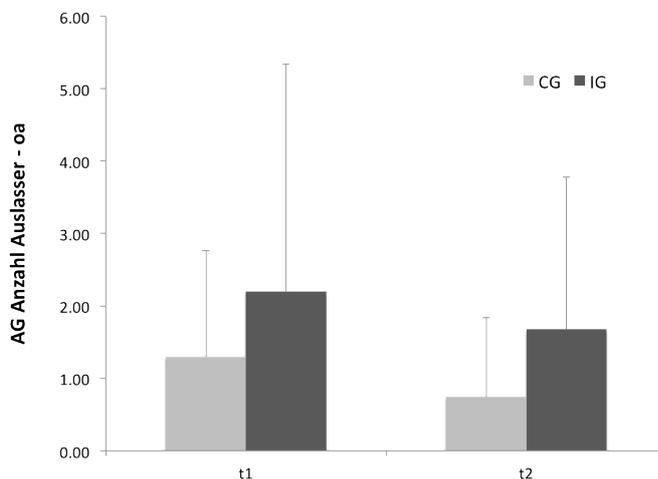
Deskriptiv betrachtet reduziert sich in allen drei Studien die Anzahl der Auslasser sowohl bei der Interventionsgruppe als auch bei der Kontrollgruppe. Prozentual gesehen verbessert sich in Studie 2 und 3 die Kontrollgruppe deutlicher als die Interventionsgruppe. Lediglich in Studie 1 verbessert sich die Interventionsgruppe mit einer Reduzierung der Auslasser um durchschnittlich 36,1 % deutlicher als die Kontrollgruppe mit einer Verbesserung der Anzahl der Auslasser um 28,8 % (siehe Übersichtstabelle 4.38).

Tabelle 4.38: Studien 1, 2, 3: Arbeitsgedächtnistest, Anzahl Auslasser – Veränderung von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) im Mittelwert (Diff M) und prozentuale Veränderung (Diff %)

TAP – AG			n	M (t1)	M (t2)	Diff M	Diff %
Studie 1	Auslasser [Anzahl]	CG	15	0.80	0.57	-0.23	-28.75
		IG	11	1.72	1.10	-0.62	-36.05
Studie 2	Auslasser [Anzahl]	CG	13	1.46	0.77	-0.69	-47.26
		IG	12	2.67	1.83	-0.84	-31.46
Studie 3	Auslasser [Anzahl]	CG	9	1.89	1.00	-0.89	-47.09
		IG	12	2.17	2.00	-0.17	-7.83

Die deskriptive Betrachtung zeigt, dass sich die Anzahl der Auslasser, sowohl in der Kontrollgruppe, als auch in der Interventionsgruppe verbessert (siehe Abbildung 4.50).

Abbildung 4.50: Deskriptive Statistik overall (oa) - Arbeitsgedächtnistest (AG), Anzahl der Auslasser von Testzeitpunkt 1 (t1) und Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG)



Die Interventionsgruppe verbessert sich mit einer Reduktion der durchschnittlichen Anzahl der Auslasser von 2.20 auf 1.68 mit 23.8 % ge-

ringfügiger als die Kontrollgruppe, welche die Anzahl der Auslasser von durchschnittlich 1.3 auf 0.74 um 42.7 % reduziert. Alle Werte, welche die Veränderung der Anzahl der Auslasser zwischen Testzeitpunkt 1 und Testzeitpunkt 2 sowie die Unterschiede zwischen der Interventions sowie der Kontrollgruppe beschreiben, sind in nachfolgender Tabelle 4.39 übersichtlich zusammengefasst.

Tabelle 4.39: overall: Arbeitsgedächtnistest, Anzahl Auslasser – Deskriptive Statistik und Differenz von Testzeitpunkt 1 zu Testzeitpunkt 2 im Mittelwert (Diff M) und prozentuale Veränderung (Diff %)

TAP – AG		Testzeitpunkt 1						Testzeitpunkt 2					Differenz	
	n	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	Diff M	Diff %	
Auslasser [Anzahl]	CG	35	1.30	1.00	1.47	0.00	6.00	0.74	0.00	1.09	0.00	5.00	-0.55	-42.74
	IG	34	2.20	1.00	3.13	0.00	15.00	1.68	1.00	2.10	0.00	7.00	-0.52	-23.80

Die Varianzanalyse mit Messwiederholung ergibt, dass bei der Veränderung der Auslasser die Zeit keinen signifikanten Haupteffekt aufweist ($F [1,67] = 3.31, p = .07, \eta^2 .047$). Die Gruppe hingegen hat einen signifikanten Effekt ($F [1,67] = 4.50, p = .04, \eta^2 .063$). Die Interaktion Zeit * Gruppe ist nicht signifikant ($F [1,67] = 0.01, p = .95, \eta^2 .000$).

Für die Beantwortung der Fragestellung UH1.2oa: UNTERSCHIEDET SICH DURCH EIN AUSDAUERTRAINING DIE ANZAHL DER AUSLASSER BEIM ARBEITSGEDÄCHTNISTEST IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT? muss die Nullhypothese angenommen werden.

UH2.2oa DIE ANZAHL DER AUSLASSER IM ARBEITSGEDÄCHTNISTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

AG – Median

Deskriptiv betrachtet reduziert sich in allen drei Studien bei der Interventionsgruppe der Median der Reaktionsgeschwindigkeit. Dabei verbessert sich die Interventionsgruppe in Studie 3 mit 14.7 % am meisten. Die Kontrollgruppe in Studie 3 dagegen wird um 69,1ms langsamer und verschlechtert sich somit von Testzeitpunkt 1 zu Testzeitpunkt 2 um

12.6 %. In Studie 2 dagegen wird die Kontrollgruppe um 11.6 % schneller, die Interventionsgruppe verbessert sich lediglich geringfügig um 2.8 %. In Studie 1 werden beide Gruppen nur geringfügig schneller (siehe Übersichtstabelle 4.40)

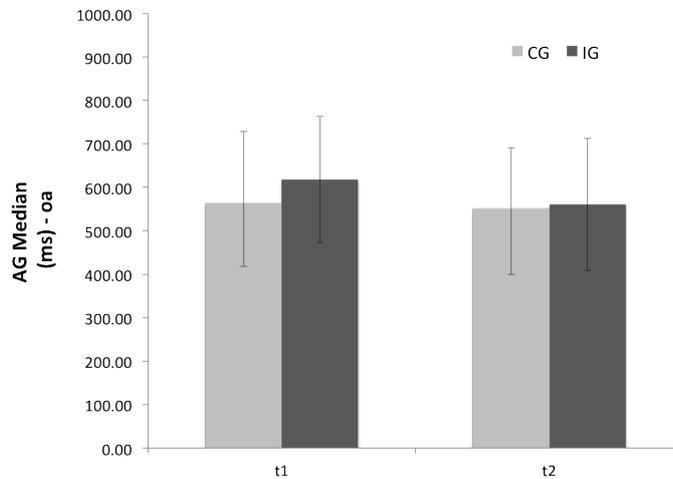
Tabelle 4.40: Studien 1, 2, 3: Arbeitsgedächtnistest, Median – Veränderung von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) im Mittelwert (Diff M) und prozentuale Veränderung (Diff %)

TAP – AG			n	M (t1)	M (t2)	Diff M	Diff %
Studie 1	Median [ms]	CG	15	540.53	532.50	-8.03	-1.49
		IG	11	506.45	493.30	-13.15	-2.60
Studie 2	Median [ms]	CG	13	599.38	529.77	-69.61	-11.61
		IG	12	635.45	618.00	-17.45	-2.75
Studie 3	Median [ms]	CG	9	546.67	615.75	69.08	12.64
		IG	12	703.83	600.17	-103.66	-14.73

Mittels der overall-Analyse wird versucht eine Tendenz zu verdeutlichen, die Aufschluss über die Fragestellung UH2.3oa: UNTERSCHIEDET SICH DURCH EIN AUSDAUERTRAINING DER MEDIAN DER REAKTIONSGESCHWINDIGKEIT BEIM ARBEITSGEDÄCHTNISTEST IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT? gibt.

Die deskriptive Betrachtung zeigt, dass sich der Median in der Kontrollgruppe geringfügig verbessert, in der Interventionsgruppe fällt die Veränderung deutlicher aus (siehe Abbildung 4.51)

Abbildung 4.51: Deskriptive Statistik overall (oa) - Arbeitsgedächtnistest (AG), Median der Reaktionsgeschwindigkeit von Testzeitpunkt 1 (t1) und Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG)



Die im Schaubild 4.51 deutlich sichtbare Verbesserung der Interventionsgruppe von t1 zu t2 entspricht 42.82 ms (6,9 %). Die Kontrollgruppe wird um 12.19 ms (2.1 %) schneller (siehe auch Tabelle 4.41).

Tabelle 4.41: overall: Arbeitsgedächtnistest, Median der Reaktionsgeschwindigkeit (Individuums) – Veränderung von t1 zu t2

TAP – AG		Testzeitpunkt 1						Testzeitpunkt 2				Differenz	
		n	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	Diff M
Median [ms]	CG 35	562.70	552.00	166.00	302.00	1112.00	550.51	497.00	140.04	318.00	782.00	-12.19	-2.17
	IG 34	617.85	618.50	145.13	353.00	894.00	575.03	560.00	151.68	322.00	961.00	-42.82	-6.93

Die Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigt jedoch, dass weder die Zeit einen signifikanten Haupteffekt ausweist ($F[1,66] = 2.07$, $p = .15$, $\eta^2 = .030$), noch die Gruppe einen Effekt zeigt ($F[1,66] = 1.35$, $p = .25$, $\eta^2 = .020$). Die Interaktion Zeit * Gruppe ist ebenfalls nicht signifikant ($F[1,66] = 0.27$, $p = .60$, $\eta^2 = .004$).

Daher muss auch für die Beantwortung der Fragestellung UH1.3oa: UNTERSCHIEDET SICH DURCH EIN AUSDAUERTRAINING DER MEDIAN DER REAKTIONSGESCHWINDIGKEIT BEIM ARBEITSGEDÄCHTNISTEST IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT? die Nullhypothese angenommen werden.

4.8.5 Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit – Daueraufmerksamkeit

Für die overall-Analyse zur Überprüfung der Veränderung der Daueraufmerksamkeit werden die Anzahl der Fehler, die Anzahl der Auslasser und der Median (Reaktionsgeschwindigkeit in Millisekunden (Individuums)) herangezogen.

DA – Anzahl der Fehler

Bei der einzelnen Betrachtung der Studien 1, 2 und 3 wird erkennbar, dass die Anzahl der Fehler in allen drei Studien abnimmt. Am meisten verringert sich die Fehleranzahl in Studie 2, hier kann die Interventionsgruppe die Anzahl der Fehler von durchschnittlich 6.1 Fehler zum Testzeitpunkt 1 um 76.6 % auf durchschnittlich 1,4 Fehler zum Testzeitpunkt t2 reduzieren (siehe auch Tabelle 4.42).

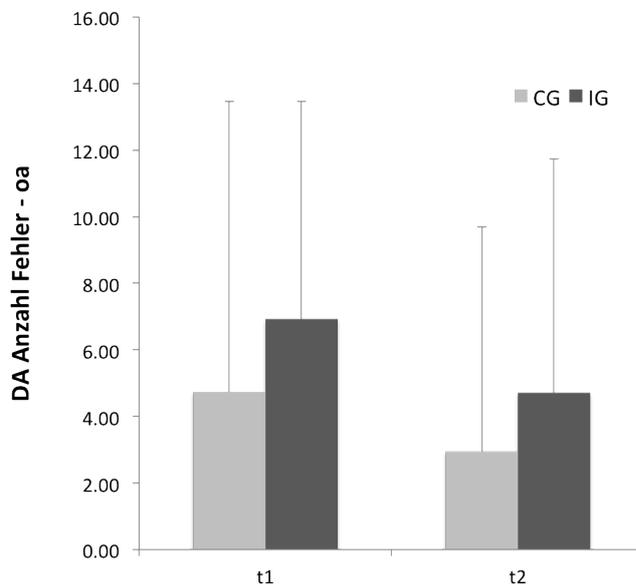
Tabelle 4.42: Studien 1, 2, 3: TAP – DA, Anzahl Fehler – Veränderung von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) im Mittelwert (Diff M) und prozentuale Veränderung (Diff %)

TAP – DA			n	M (t1)	M (t2)	Diff M	Diff %
Studie 1	Fehler [Anzahl]	CG	15	3.60	1.57	-2.03	-56.39
		IG	11	5.45	5.40	-0.05	-0.92
Studie 2	Fehler [Anzahl]	CG	13	6.31	4.77	-1.54	-24.41
		IG	12	6.08	1.42	-4.66	-76.64
Studie 3	Fehler [Anzahl]	CG	9	4.33	2.38	-1.95	-45.03
		IG	12	9.08	7.42	-1.66	-18.28

Für die Beantwortung der Fragestellung UH3.1oa: UNTERSCHIEDET SICH DURCH EIN AUSDAUERTRAINING DIE ANZAHL DER FEHLER BEIM DAUERAUFMERKSAMKEITSTEST IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT? werden alle drei Studien zusammengefasst.

Die deskriptive overall-Betrachtung zeigt – wie schon die Betrachtung der einzelnen Studien –, dass sich die Anzahl der Fehler, sowohl in der Kontrollgruppe, als auch in der Interventionsgruppe verbessert (siehe Abbildung 4.52).

Abbildung 4.52: Deskriptive Statistik overall (oa) - TAP-DA, Anzahl der Fehler zu Testzeitpunkt 1 (t1) und Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG)



Die Interventionsgruppe macht zum Testzeitpunkt 1 mit durchschnittlich 1,6 mehr Fehler als die Kontrollgruppe ($M = 0.8$) und kann sich bis zum Testzeitpunkt 2 um 45.7 % auf durchschnittlich 0.85 Fehler verbessern. Damit hat die Interventionsgruppe beim Testzeitpunkt 2 den Ausgangswert der Kontrollgruppe nahezu erreicht. Die Kontrollgruppe verbessert sich von t1 zu t2 um weitere 36.6 % auf durchschnittlich 0.51 Fehler.

Alle Werte, die die Veränderung der Fehleranzahl zwischen Testzeitpunkt 1 und Testzeitpunkt 2, sowie die Unterschiede zwischen der Interventions-

als auch der Kontrollgruppe beschreiben sind in untenstehender Tabelle 4.43 übersichtlich zusammengefasst.

Tabelle 4.43: overall: TAP-AG, Anzahl Fehler – Deskriptive Statistik und Differenz von Testzeitpunkt 1 zu Testzeitpunkt 2 im Mittelwert (Diff M) und prozentuale Veränderung (Diff %)

TAP – DA	Testzeitpunkt 1						Testzeitpunkt 2						Differenz	
	n	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	Diff M	Diff %	
Fehler [Anzahl]	CG	35	0.81	1.00	0.91	0.00	3.00	0.51	0.00	0.78	0.00	3.00	-0.30	-36.57
	IG	34	1.57	1.00	2.20	0.00	12.00	0.85	0.00	1.31	0.00	4.00	-0.72	-45.72

Die Varianzanalyse mit Messwiederholung belegt, dass die Zeit einen signifikanten Haupteffekt hat ($F[1,67] = 12.88$, $p = .00$, $\eta^2 = .161$). Die Gruppe hat keinen signifikanten Effekt ($F[1,67] = 1.54$, $p = .22$, $\eta^2 = .022$). Die Interaktion Zeit * Gruppe ist ebenfalls nicht signifikant ($F[1,67] = 0.35$, $p = .56$, $\eta^2 = .005$).

Daher muss für die Beantwortung der Fragestellung UH2.1oa: UNTERSCHIEDET SICH DURCH EIN AUSDAUERTRAINING DIE ANZAHL DER FEHLER BEIM DAUERAUFMERKSAMKEITSTEST IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT? die Nullhypothese angenommen werden.

UH3.1oa DIE ANZAHL DER FEHLER IM DAUERAUFMERKSAMKEITSTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

DA – Anzahl der Auslasser

Deskriptiv betrachtet, reduziert sich in allen drei Studien die Anzahl der Auslasser sowohl bei der Interventionsgruppe als auch bei der Kontrollgruppe. Die Veränderung fällt dabei bei der Interventionsgruppe immer deutlicher aus als bei der Kontrollgruppe. Die größte Verbesserung erreicht die Interventionsgruppe in Studie 1, in welcher sie sich zwischen den beiden Testzeitpunkten um 48,8 % verbessert (siehe Übersichtstabelle 4.44).

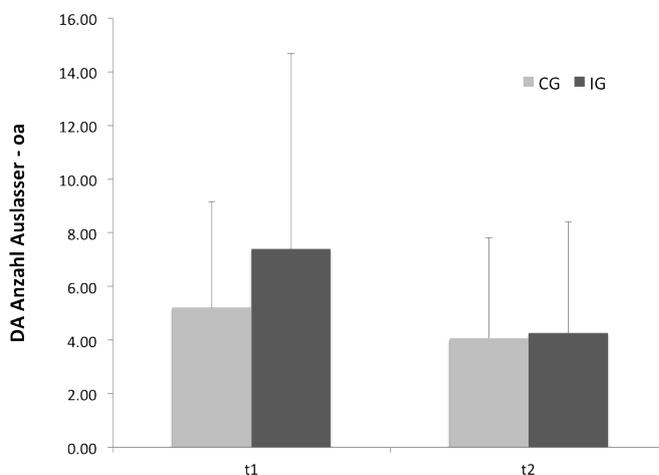
Tabelle 4.44: Studien 1, 2, 3: TAP-DA, Anzahl Auslasser – Veränderung von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) im Mittelwert (Diff M) und prozentuale Veränderung (Diff %)

TAP-DA			n	M (t1)	M (t2)	Diff M	Diff %
Studie 1	Auslasser [Anzahl]	CG	15	3.87	2.36	-1.51	-39.02
		IG	11	6.45	3.30	-3.15	-48.84
Studie 2	Auslasser [Anzahl]	CG	13	5.54	5.31	-0.23	-4.15
		IG	12	6.83	3.92	-2.91	-42.61
Studie 3	Auslasser [Anzahl]	CG	9	6.89	5.00	-1.89	-27.43
		IG	12	8.83	5.42	-3.41	-38.62

Für die overall-Analyse lautet hier die Fragestellung UH3.20A: Unterscheidet sich durch ein Ausdauertraining die Anzahl der Auslasser beim Daueraufmerksamkeitstest in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit?

Die deskriptive Betrachtung zeigt, dass sich die Anzahl der Auslasser, sowohl in der Kontrollgruppe, als auch in der Interventionsgruppe verbessert (siehe Abbildung 4.53).

Abbildung 4.53: Deskriptive Statistik overall (oa) - TAO-DA, Anzahl der Auslasser von Testzeitpunkt 1 (t1) und Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG)



Alle Werte, die die Veränderung der Auslasser zwischen Testzeitpunkt 1 und Testzeitpunkt 2 sowie die Unterschiede zwischen der Interventions- als auch der Kontrollgruppe beschreiben, sind in nachfolgender Tabelle 4.45 übersichtlich zusammengefasst.

Tabelle 4.45: overall: TAP-DA, Anzahl Auslasser – Deskriptive Statistik und Differenz von Testzeitpunkt 1 zu Testzeitpunkt 2 im Mittelwert (Diff M) und prozentuale Veränderung (Diff %)

TAP – DA	Testzeitpunkt 1						Testzeitpunkt 2					Differenz		
	n	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	Diff M	Diff %	
Auslasser [Anzahl]	CG	35	5.19	3.00	3.98	0.00	20.00	4.06	3.00	3.76	0.00	15.00	-1.13	-21.82
	IG	34	7.40	4.00	7.27	1.00	29.00	4.26	3.00	4.14	0.00	16.00	-3.14	-42.37

Die Varianzanalyse mit Messwiederholung ergibt, dass bei der Veränderung der Auslasser die Zeit einen signifikanten Haupteffekt aufweist ($F [1,67] = 10.37, p = .00, \eta^2 .134$). Die Gruppe hat keinen signifikanten Effekt ($F [1,67] = 1.78, p = .19, \eta^2 .026$). Die Interaktion Zeit * Gruppe ist nicht signifikant ($F [1,67] = 2.67, p = .11, \eta^2 .038$).

Für die Beantwortung der Fragestellung UH2.2oa: UNTERSCHIEDET SICH DURCH EIN AUSDAUERTRAINING DIE ANZAHL DER AUSLASSER BEIM DAUERAUFMERKSAMKEITSTEST IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPP-

PE UND ZEIT? muss die Nullhypothese angenommen werden.

UH3.20a DIE ANZAHL DER AUSLASSER IM DAUERAUFMERKSAMKEITSTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

DA- Median

Deskriptiv betrachtet, reduziert sich in allen drei Studien sowohl bei der Interventionsgruppe als auch bei der Kontrollgruppe der Median der Reaktionsgeschwindigkeit. Die größte prozentuale Verbesserung erreicht dabei die Kontrollgruppe in Studie 3, welche sich um 45,54 Millisekunden (8,2 %) verbessert. Die größte Verbesserung in der Interventionsgruppe wurde in Studie 2 erzielt, wo die Interventionsgruppe ihre Reaktionsgeschwindigkeit von 582.8 ms auf 547,2 ms um 6.1 % steigern konnte. Für eine Übersicht der Veränderungen innerhalb der einzelnen Studien siehe Tabelle 4.46.

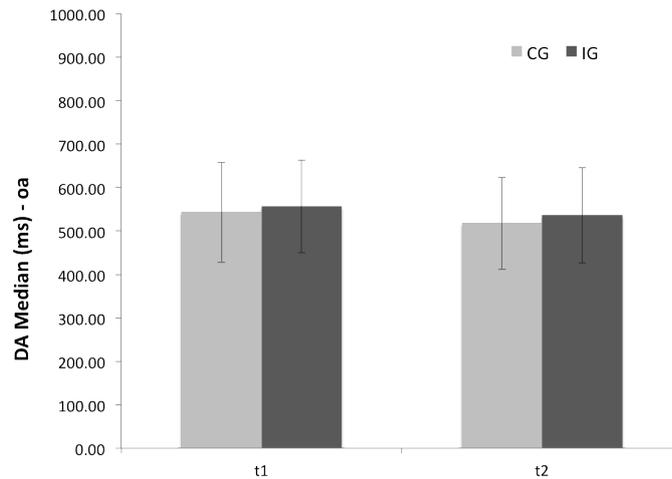
Tabelle 4.46: Studien 1, 2, 3: TAP-DA, Median – Veränderung von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) im Mittelwert (Diff M) und prozentuale Veränderung (Diff %)

TAP-DA			n	M (t1)	M (t2)	Diff M	Diff %
Studie 1	Median [ms]	CG	15	501.73	487.21	-14.52	-2.89
		IG	11	490.55	468.60	-21.95	-4.47
Studie 2	Median [ms]	CG	13	583.38	556.00	-27.38	-4.69
		IG	12	582.75	547.17	-35.58	-6.11
Studie 3	Median [ms]	CG	9	552.67	507.13	-45.54	-8.24
		IG	12	589.67	582.00	-7.67	-1.30

Mittels der overall-Analyse wird versucht, eine Tendenz zu verdeutlichen, die Aufschluss über die Fragestellung gibt: Unterscheidet sich durch ein Ausdauertraining der Median der Reaktionsgeschwindigkeit beim daueraufmerksamkeitstest in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit?

Die deskriptive Betrachtung belegt, dass der Median von beiden Gruppen zwischen den beiden Testzeitpunkten leicht abnimmt, das bedeutet, sowohl die Probanden der IG als auch der CG werden schneller in ihrer Reaktionsgeschwindigkeit (siehe Abbildung 4.54)

Abbildung 4.54: Deskriptive Statistik overall (oa) - TAP-DA, Median der Reaktionsgeschwindigkeit von Testzeitpunkt 1 (t1) und Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG)



Die im Schaubild 4.54 geringfügig sichtbare Verbesserung von t1 zu t2 entspricht bei der Interventionsgruppe 19,8 ms (3.6 %), bei der Kontrollgruppe 25.5 ms (4.7 %) (siehe auch Tabelle 4.47).

Tabelle 4.47: overall: TAP-DA, Median der Reaktionsgeschwindigkeit (ms) – Veränderung von t1 zu t2

TAP - DA	Testzeitpunkt 1						Testzeitpunkt 2					Differenz	
	n	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	Diff M	Diff %
Median [ms]	CG 35	542.81	533.00	114.85	391.00	927.00	517.31	501.00	105.30	355.00	822.00	-25.50	-4.70
	IG 34	556.14	513.00	106.20	421.00	890.00	536.35	502.50	109.94	397.00	858.00	-19.79	-3.56

Die Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigt, dass die Zeit einen signifikanten Haupteffekt hat ($F[1,67] = 6.72$, $p = .01$, $\eta^2 = .091$). Die Gruppe hat keinen signifikanten Effekt ($F[1,67] = 0.43$, $p = .51$, $\eta^2 = .006$). Die Interaktion Zeit * Gruppe ist ebenfalls nicht signifikant ($F[1,67] = 0.08$, $p = .77$, $\eta^2 = .001$).

Daher muss für die Beantwortung der Fragestellung UH3.3oa: UNTERSCHIEDET SICH DURCH EIN AUSDAUERTRAINING DER MEDIAN DER REAKTIONSGESCHWINDIGKEIT BEIM DAUERAUFMERKSAMKEITSTEST IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT? die Nullhypothese angenommen werden.

UH3.3oa DER MEDIAN DER REKTIONSZEIT IM DAUERAUFMERKSAMKEITSTEST UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

4.8.6 Veränderung der Befindlichkeit

Die Veränderung der Befindlichkeit mit den Parametern Gute-Schlechte Stimmung (GS), Wachheit-Müdigkeit (WM) und Ruhe-Unruhe (RU) aus dem Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF) eröffnet in den drei Studien äußerst divergente Ergebnisse. Wohingegen sich in Studie 1 und 3 sowohl die Probanden der Kontrollgruppe als auch der Interventionsgruppe in der GS-Dimension verbessern, verschlechtern sich beide Gruppe in Studie 2 in der GS-Dimension. In der RU-Dimension können sich – bis auf die Interventionsgruppe in Studie 3 – alle Gruppen in allen Studien verbessern. Auffallend ist zudem, dass in der WM-Dimension in allen drei Studien die Interventionsgruppe schlechter ist als die Kontrollgruppe.

Gute-Schlechte Stimmung (GS)

Für die overall-Analyse lautet die Fragestellung bezüglich der Fragestellung zur Veränderung der GS-Dimension UH3.10a: UNTERSCHIEDET SICH DURCH EIN AUSDAUERTRAINING DIE GS-DIMENSION IM MDBF IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT?

In den Studien 1 und 3 zeigt sich, dass das Ausdauertraining keinen Einfluss auf die GS-Dimension hat, denn sowohl bei der Kontrollgruppe als auch bei der Interventionsgruppe steigt der Summenwert an. Prozentual betrachtet ist der Anstieg in der Kontrollgruppe größer (siehe auch Tabelle 4.48). In Studie 2 sinkt der Summenwert der GS-Dimension

– diese negative Veränderung lässt sich ebenfalls nicht auf das Training zurückführen, denn der Summenwert der GS-Dimension verringert sich bei der Kontrollgruppe mit 20.1 % noch deutlicher als bei der Interventionsgruppe mit 15.6 % (siehe Tabelle 4.48).

Tabelle 4.48: Studien 1, 2, 3 MDBF: Gute-Schlechte Stimmung (GS) – Veränderung von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) im Mittelwert (Diff M) und prozentuale Veränderung (Diff %)

MDBF-GS		n	M (t1)	M (t2)	Diff M	Diff %
Studie 1	GS [Summenwert]	CG 15	32.80	33.60	0.80	2.44
		IG 11	30.27	30.64	0.37	1.22
Studie 2	GS [Summenwert]	CG 13	30.23	24.15	-6.08	-20.11
		IG 12	32.00	27.00	-5.00	-15.63
Studie 3	GS [Summenwert]	CG 9	30.78	36.22	5.44	17.67
		IG 12	33.83	33.92	0.09	0.27

Fasst man die drei Studien nun in einer overall-Analyse zusammen, so zeigt die deskriptive Betrachtung nahezu keine Veränderung in der Kontrollgruppe (-1,6 %) und eine etwas deutlichere Verschlechterung um 4.9 % vom Summenwert 32.1 auf 30.5 in der Interventionsgruppe (siehe Abbildung 4.55 und Tabelle 4.49).

Abbildung 4.55: Deskriptive Statistik overall (oa) MDBF: Gute-Schlechte Stimmung (GS), Veränderung von Testzeitpunkt 1 (t1) und Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG)

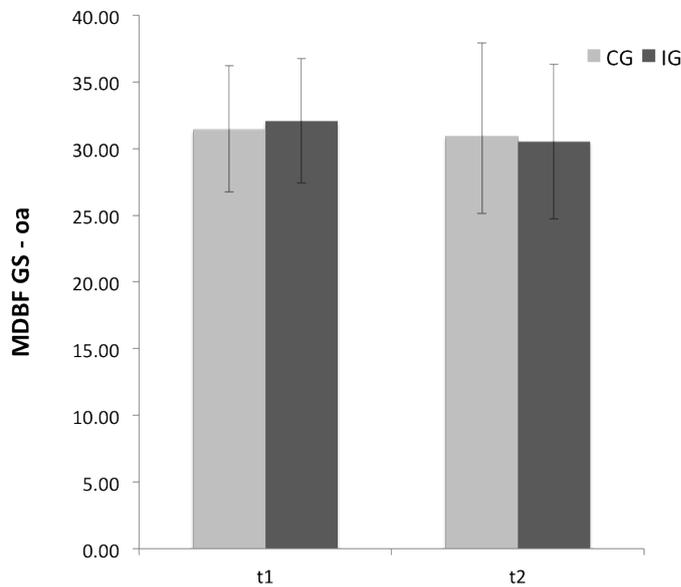


Tabelle 4.49: Overall MDBF: Gute-Schlechte Stimmung (GS) - Veränderung von t1 zu t2

MDBF-GS		n	Testzeitpunkt 1					Testzeitpunkt 2					Differenz	
			M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	Diff M	Diff %
GS	CG	37	31.41	32.00	4.79	20.00	39.00	30.92	33.00	7.02	15.00	39.00	-0.49	-1.55
	IG	35	32.09	33.00	4.66	21.00	40.00	30.51	32.00	5.79	18.00	40.00	-1.57	-4.90

Die Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigt, dass die Zeit keinen signifikanten Haupteffekt hat ($F[1,70] = 1.83, p = .18, \eta^2 = .025$). Die Gruppe hat keinen signifikanten Effekt ($F[1,70] = 0.02, p = .90, \eta^2 = .000$). Die Interaktion Zeit * Gruppe ist ebenfalls nicht signifikant ($F[1,70] = 0.508, p = .478, \eta^2 = .007$).

Daher muss für die Beantwortung der folgenden Fragestellung die Nullhypothese angenommen werden.

UH4.10A: UNTERSCHIEDET SICH DURCH EIN AUSDAUERTRAINING DIE GS-DIMENSION IM MDBF IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT?

UH4.10a DIE GS-DIMENSION IM MDBF UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

Wachheit-Müdigkeit (WM)

Für die overall-Analyse lautet die Fragestellung bezüglich der Fragestellung zur Veränderung der WM-Dimension UH4.20A: UNTERSCHIEDET SICH DURCH EIN AUSDAUERTRAINING DIE WM-DIMENSION IM MDBF IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT?

In den Studien 1, 2 und 3 zeigt sich, dass das Ausdauertraining einen negativen Einfluss auf die WM-Dimension hat, bei der Interventionsgruppe verschlechtert sich der Summenwert deutlich, wohingegen er sich bei der Kontrollgruppe in Studie 1 und 3 verbessert (siehe Tabelle 4.50).

Tabelle 4.50: Studien 1, 2, 3: MDBF: Wachheit-Müdigkeit (WM) – Veränderung von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) im Mittelwert (Diff M) und prozentuale Veränderung (Diff %)

MDBF-WM			n	M (t1)	M (t2)	Diff M	Diff %
Studie 1	WM [Summenwert]	CG	15	28.80	29.80	1.00	3.47
		IG	11	26.91	25.09	-1.82	-6.76
Studie 2	WM [Summenwert]	CG	13	30.69	28.23	-2.46	-8.02
		IG	12	33.58	28.08	-5.50	-16.38
Studie 3	WM [Summenwert]	CG	9	27.33	28.78	1.45	5.31
		IG	12	29.83	29.33	-0.50	-1.68

Fasst man die drei Studien nun in einer overall-Analyse zusammen, so vermittelt die deskriptive Betrachtung eine minimale Verschlechterung in der Kontrollgruppe (-1,4 %) und eine etwas deutlichere Verschlechterung um 8.7 Prozent vom Summenwert 30.2 auf 27.6 in der Interventionsgruppe (siehe Abbildung 4.56 und Tabelle 4.51).

Abbildung 4.56: Deskriptive Statistik overall (oa) - MDBF: Wachheit-Müdigkeit (WM), Veränderung von Testzeitpunkt 1 (t1) und Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG)

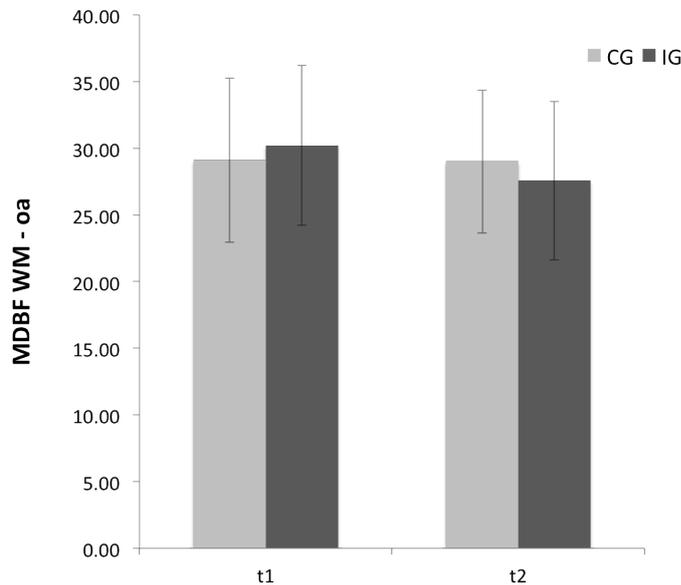


Tabelle 4.51: Overall (oa) - MDBF: Wachheit-Müdigkeit (WM) - Veränderung von t1 zu t2

MDBF-WM		n	Testzeitpunkt 1				Testzeitpunkt 2				Differenz			
			M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	Diff M	Diff %
WM	CG	37	29.11	29.00	6.16	16.00	40.00	29.00	29.00	5.37	15.00	39.00	-0.11	-0.37
	IG	35	30.20	31.00	5.99	14.00	38.00	27.57	28.00	5.94	11.00	37.00	-2.63	-8.70

Die Varianzanalyse mit Messwiederholung belegt, dass die Zeit keinen signifikanten Haupteffekt aufweist ($F[1,70] = 3.58, p = .06, \eta^2 = .049$). Die Gruppe hat keinen signifikanten Effekt ($F[1,70] = 0.20, p = .88, \eta^2 = .000$). Die Interaktion Zeit * Gruppe ist ebenfalls nicht signifikant ($F[1,70] = 3.04, p = .09, \eta^2 = .042$).

Daher muss für die Beantwortung der Fragestellung

UH4.2OA: UNTERSCHIEDET SICH DURCH EIN AUSDAUERTRAINING DIE WM-DIMENSION IM MDBF IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT? die Nullhypothese angenommen werden.

UH4.20a DIE WM-DIMENSION IM MDBF UNTERSCHIEDET SICH NICHT SIGNIFIKANT IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT.

Ruhe-Unruhe (RU)

Für die overall-Analyse lautet die Fragestellung bezüglich der Fragestellung zur Veränderung der RU-Dimension UH3.30A: UNTERSCHIEDET SICH DURCH EIN AUSDAUERTRAINING DIE RU-DIMENSION IM MDBF IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT?

Bis auf die Interventionsgruppe in Studie 3 verbessern sich auch in Studie 1 und 2 sowohl die Kontrollgruppe als auch die Interventionsgruppe (siehe auch Tabelle 4.52). Die Zunahme in der RU-Dimension um einen Summenwert von 3.5 ist in der Interventionsgruppe in Studie 2 mit 12.8 Prozent am deutlichsten (siehe Tabelle 4.52).

Tabelle 4.52: Studien 1, 2, 3 MDBF: Ruhe-Unruhe (RU): Veränderung von Testzeitpunkt 1 (t1) zu Testzeitpunkt 2 (t2) im Mittelwert (Diff M) und prozentuale Veränderung (Diff %)

MDBF-RU			n	M (t1)	M (t2)	Diff M	Diff %
Studie 1	RU [Summenwert]	CG	15	29.67	31.47	1.80	6.07
		IG	11	26.82	29.27	2.45	9.13
Studie 2	RU [Summenwert]	CG	13	24.85	27.46	2.61	10.50
		IG	12	27.33	30.83	3.50	12.81
Studie 3	RU [Summenwert]	CG	9	31.11	33.33	2.22	7.14
		IG	12	32.17	30.17	-2.00	-6.22

Fasst man die drei Studien nun in einer overall-Analyse zusammen, so zeigt die deskriptive Betrachtung, dass sich die Kontrollgruppe mit einer Zunahme des Summenwerts um 7,7 % deutlicher verbessern kann als die Interventionsgruppe mit einer Zunahme von 4.5 Prozent (siehe Abbildung 4.57 und Tabelle 4.53).

Abbildung 4.57: Deskriptive Statistik overall (oa) MDBF: Ruhe-Unruhe (RU), Veränderung von Testzeitpunkt 1 (t1) und Testzeitpunkt 2 (t2) zwischen Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (CG)

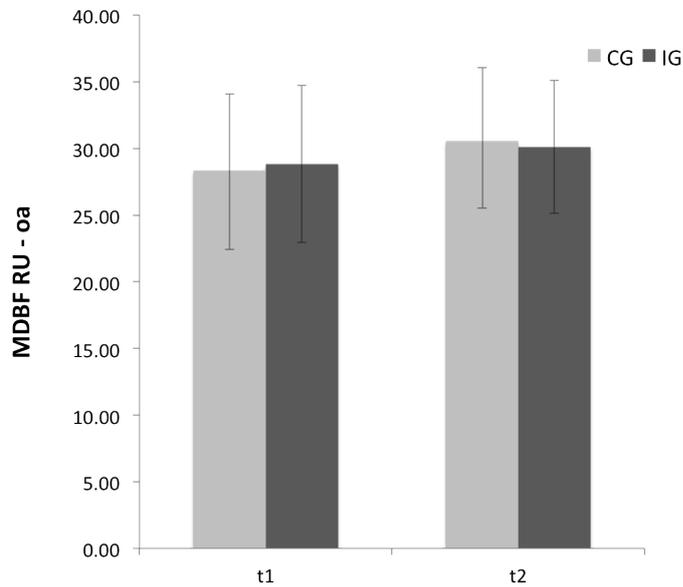


Tabelle 4.53: Overall (oa) MDBF: Ruhe-Unruhe (RU) - Veränderung von t1 zu t2

MDBF-RU		Testzeitpunkt 1						Testzeitpunkt 2						Differenz	
		n	M	Mdn	SD	Min	Max	M	Mdn	SD	Min	Max	Diff M	Diff %	
RU	CG	37	28.32	28.00	5.76	16.00	40.00	30.51	31.00	5.53	20.00	40.00	2.19	7.73	
	IG	35	28.83	29.00	5.90	16.00	39.00	30.11	30.00	4.99	17.00	39.00	1.29	4.46	

Die Varianzanalyse mit Messwiederholung sagt aus, dass die Zeit einen signifikanten Haupteffekt hat ($F[1,70] = 6.65$, $p = .01$, $\eta^2 = .087$). Die Gruppe hat keinen signifikanten Effekt ($F[1,70] = 0.01$, $p = .96$, $\eta^2 = .000$). Die Interaktion Zeit * Gruppe ist nicht signifikant ($F[1,70] = 0.45$, $p = .50$, $\eta^2 = .006$).

Daher muss für die Beantwortung der folgenden Fragestellung

UH4.3OA: UNTERSCHIEDET SICH DURCH EIN AUSDAUERTRAINING DIE RU-DIMENSION IM MDBF IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUPPE UND ZEIT? die Nullhypothese angenommen werden.

UH3.30a Die RU-Dimension im MDBF unterscheidet sich nicht signifikant in Abhängigkeit von Gruppe und Zeit.

4.8.7 Zusammenfassung

Auch overall betrachtet zeigen sich für keine der Untersuchungsparameter der kognitiven Leistungsfähigkeit und der Befindlichkeit signifikante Veränderungen.

4.8.8 Diskussion

Es ist überlegenswert, diese Art von Interventionsstudien mit vermeintlich kognitiv „schwächeren“ jungen Erwachsenen (Menschen ohne allgemeine Hochschulreife) durchzuführen. Des Weiteren scheinen die jungen Menschen nicht in Bezug auf das Wohlbefinden von der gesteigerten körperlichen Ausdauerleistungsfähigkeit zu profitieren. Es gilt weitere Moderatorvariablen zu identifizieren, die möglicherweise das Wohlbefinden und die kognitive Leistungsfähigkeit von jungen Menschen beeinflussen.

5 Schlussfolgerungen

5.1 Zusammenfassung und Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Thesis ist es, die Auswirkungen einer verbesserten Fitness auf die kognitive Leistungsfähigkeit und das Wohlbefinden bei jungen Erwachsenen zu untersuchen. Die jungen Erwachsenen, die bei den hier vorliegenden Interventionsstudien im Fokus des Interesses stehen, sind allgemein dadurch gekennzeichnet, dass sie sich in einer Übergangsphase von Schule zum Berufsleben befinden. Aufgrund emotionaler und gesellschaftlicher Unbestimmtheit sind sie auf der „[...] Suche nach der eigenen Identität und Wertorientierung“ (Reik, Woll, Größen, Berndt, 2010, S. 640) . Die zusätzliche Konfrontation mit dem im Studium oder der Ausbildung neuen sozialen Niveau, dort bestehenden Richtlinien und fachlichen Herausforderungen, kann oft dazu führen, dass sich die jungen Erwachsenen ein gesundheitsschädliches Verhalten aneignen (Reik et al. 2010reiketal2010 (not cited)). Laut Sygusch (sygusch2000 (not cited)2000) ist das Bestreben der Jugendlichen primär auf das Erleben von aktuellem Wohlbefinden ausgerichtet, was nicht immer förderlich für die Gesundheit ist. Zudem sieht der gesunde und fitte Jugendliche keinen Grund, warum er präventive Maßnahmen für seine Gesundheit ergreifen sollte (Sygusch, 2000). Es ist anzunehmen, dass es aus diesem Grund nur sehr wenige Studien gibt, die die Auswirkungen einer gesteigerten Fitness auf die kognitive Leistungsfähigkeit und das Wohlbefinden von jungen Erwachsenen untersuchen. An dieser Stelle setzt diese Thesis an. Sie möchte untersuchen, ob junge Erwachsene ihre Ausdauerleistungsfähigkeit weiter verbessern können und von der Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit auch hinsichtlich ihrer

kognitiven Leistungsfähigkeit und ihres Wohlbefindens profitieren. Dies erfolgt für die Beantwortung der Frage nach dem Wohlbefinden, zum einen, durch eine Aufarbeitung der Literatur (Kapitel 2.4.4) und zum anderen durch eigene empirische Untersuchungen in drei Studien (siehe Kapitel 4). Für die Beantwortung der Frage nach den Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit bei jungen Erwachsenen wurde in Kapitel 3 ein umfangreicher Review angefertigt und in Kapitel 4 in drei Interventionsstudien der Einfluss von Ausdauertraining auf junge Erwachsene empirisch untersucht.

5.1.1 Ergebnisse zur Veränderung der Fitness

Fitness wird in dieser Arbeit über die Ausdauerleistungsfähigkeit definiert. Die Überprüfung der Ausdauerleistungsfähigkeit erfolgt in den Studien 1 und 3 mittels der Laktatdiagnostik. Hier konnten besonders an der aeroben 2mmol/l-Schwelle signifikante Veränderungen erzielt werden. Eine Erfassung der Ausdauerleistungsfähigkeit mittels der Laktatdiagnostik war aus ökonomischen Gründen in Studie 2 nicht möglich. Daher wurde hier der zeit- und kostengünstigere 2km-Walking-Test angewendet. Für die Betrachtung der Gehzeit zeigt sich eine deutliche Verbesserung der Interventionsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe. Die Interventionsgruppe absolvierte die 2km-Distanz nach dem sechswöchigen Ausdauertraining um 29 Sekunden schneller als vor Beginn der Trainingsphase. Die Kontrollgruppe verschlechterte sich dagegen um sieben Sekunden zwischen den beiden Testzeitpunkten. Die statistische Analyse ergab allerdings keine signifikante Veränderung, jedoch einen mittleren Effekt für die Wechselwirkung von Gruppe und Zeit ($F[1, 23] = 2.52$, $p = .12$, $\eta^2 = .099$). Das Ergebnis der Studie 2 ist kritisch zu betrachten, da es der Studienleitung bei diesem Testverfahren nicht ausreichend gelang, alle Probanden dahingehend zu motivieren, die 2km-Strecke mit maximaler Gehgeschwindigkeit zu absolvieren. Das für eine aussagekräftige Bestimmung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit geforderte Pulslimit (Bös, 2003) konnte nicht von allen Probanden erreicht

werden, was sicherlich mehr auf motivationsbedingte als auf physiologische Ursachen zurückzuführen ist. Somit lässt sich festhalten, dass sich bei jungen Erwachsenen die Ausdauerleistungsfähigkeit weiter verbessern lässt. In Studie 1 kann bereits nach einem vierwöchigen Ausdauertraining gezeigt werden, dass sich die Differenzwerte zwischen t1 zu t2 von der Kontroll- und Interventionsgruppe an der 2 mmol/l-Schwelle signifikant unterscheiden ($t = 2.25$, $df = 24$, $p = 0.03$). An der 4 mmol/l-Schwelle zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe ($U = -1.71$, $p = 0.09$). In Studie 3 zeigt die Betrachtung der Differenzwerte von t1 zu t2, dass sich die Ausdauerwerte von der Kontroll- und Interventionsgruppe an der 2 mmol/l-Schwelle signifikant voneinander abheben ($U = -2,947$, $p = 0,003$). Die Differenzwerte an der 4 mmol/l-Schwelle zeigen ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe ($t = -2.36$, $df = 19$, $p = .03$). Es lässt sich also schlussfolgern, dass durch ein zehnwöchiges Ausdauertraining signifikante Veränderungen an der 2 mmol/l- und 4 mmol/l-Schwelle erzielt werden können. Bereits ein Interventionszeitraum von vier Wochen Training mit insgesamt acht Trainingseinheiten nach der Dauerethode führte bei den jungen Erwachsenen zu signifikanten Veränderungen an der 2 mmol/l-Schwelle.

5.1.2 Ergebnisse zur Veränderung des Wohlbefindens

Habituelle Veränderungen. Zusammengefasst betrachtet, zeigt sich beim MDBF für die Dimension Gute-Schlechte-Stimmung keine signifikante Veränderung. Die Interventionsgruppe verschlechtert sich allerdings in der GS-Dimension mit fast fünf Prozent deutlicher als die Kontrollgruppe mit einer Verschlechterung um 1.9 Prozent. Werden die drei Studien einzeln betrachtet, so zeigt sich, dass sich die Dimension Gute-Schlechte Stimmung in Studie 1 und 3 sowohl in der Kontrollgruppe als auch in der Interventionsgruppe verbessert, sich die GS-Dimension dagegen in Studie 2 verschlechtert. Für die Interventionsgruppe könnte argu-

mentieren werden, dass das in Studie 2 durchgeführte Aerobic-Training weniger die Stimmung steigert als ein reines Lauftraining. Allerdings legt die Veränderung der Kontrollgruppe in die gleiche Richtung wie die Interventionsgruppe den Schluss nahe, dass eine weitere Variable, die hier nicht untersucht wurde, Einfluss auf die GS-Dimension haben muss. Für die Dimension Wachheit-Müdigkeit (WM) zeigt sich in allen drei Studien, dass sich die Teilnehmer zum Testzeitpunkt 2 schläfriger und müder fühlten als vor Beginn der Intervention. Die Teilnehmer der Kontrollgruppe dagegen fühlten sich in Studie 1 und 3 zum Testzeitpunkt 2 wacher und ausgeruht. In Studie 2 fühlte sich die Kontrollgruppe ebenso wie die Interventionsgruppe müde und schläfrig. Die Reduktion des Summenwertes fällt bei der CG mit acht Prozent allerdings wesentlich geringer aus als bei der Interventionsgruppe. Für die Gesamtbetrachtung lässt sich die gleiche Tendenz konstatieren: die IG reduziert den Summenwert der WM-Dimension mit 8.7 Prozent deutlicher als die CG, die nahezu unverändert bleibt (Differenz -0.4 Prozent). Die Veränderung ist nicht signifikant ($F [1,70] = 3.04, p = .09, \eta^2 = .042$). Eine Gesamtbetrachtung der Dimension Ruhe-Unruhe des MDBF zeigt, dass sich von t1 zu t2 beide Gruppen geringfügig ruhiger und gelassener fühlen (Differenz IG: + 4.5 %, Differenz CG: + 7.5 %). Die Varianzanalyse ergibt keine signifikante Veränderung ($F[1,70] = 0.45, p = .50, \eta^2 = .006$). Betrachtet man die Studien getrennt, können in Studie 1 und 2 sowohl die Probanden der IG als auch der CG den Skalenwert deutlich verbessern, d.h. sie fühlen sich ruhiger und gelassener. In Studie 3 gilt das allerdings nur für die Teilnehmer der CG; die Teilnehmer der IG fühlen sich zum Testzeitpunkt 2 aufgeregter und innerlich unruhiger als vor der Intervention. Es lässt sich schlussfolgern, dass sich ein langfristigeres Lauftraining mit zum Teil anstrengenden Intervallen nicht förderlich für die jungen Erwachsenen bezüglich der Dimension Ruhe-Unruhe des MDBF auswirkt. Aber auch hier wie schon bei der GS-Dimension liegt die Vermutung nahe, dass noch eine weitere Variable Einfluss auf das Wohlbefinden der jungen Erwachsenen haben muss, da in Studie 1 und 2 die Veränderungen zwischen IG und CG nahezu identisch sind. Die in den vorliegenden

empirischen Untersuchungen generierten Ergebnisse zum Wohlbefinden sind identisch mit denen in Kapitel 2 („Psychische Auswirkungen von körperlicher Aktivität“) gewonnenen Daten aus der Aufarbeitung der aktuellen Studienlage. Für das habituelle Wohlbefinden konnte Schlicht in zwei Meta-Analysen (Schlicht 1994, 1995) keine generelle Wirksamkeit von sportlicher Betätigung auf die psychische Gesundheit nachweisen. Nach Schlicht (1994, 1995) zeigen sich die größten Auswirkungen bei Menschen zwischen 30 und 50 Jahren. Bezüglich der Intensität sind die Ergebnisse wie in den hier durchgeführten drei Studien sehr unterschiedlich. MacMahon und MacMahon (1988) (not cited) Gross (1988) berichten von einem größeren Effekt bei hoher Intensität. Dieses Ergebnis lässt sich in den hier vorliegenden Studien für die RU-Dimension bestätigen, wenn davon ausgegangen wird, dass die Studie 3, aufgrund des längsten Interventionszeitraums und in der in das Lauftraining integrierten Intervalleinheiten, die Intervention mit der höchsten Intensität darstellt. King, Taylor und Haskell (1993) dagegen können keinen Unterschied bezüglich der Intensität feststellen. Diese Feststellung kann durch die hier vorliegenden Befunde nicht eindeutig bestätigt werden; insbesondere für den Summenwert der WM-Dimension zeigen die Probanden der Interventionsgruppe in Studie 2 die deutlichsten Veränderungen. Sie fühlen sich nach dem sechswöchigen Aerobictraining deutlich müder und schläfriger als die jungen Erwachsenen, die ein Lauftraining absolviert haben. Allerdings sind das nur sichtbare Tendenzen und keine signifikanten Veränderungen. Nach Leith (1994) sind 12 Wochen körperlicher Aktivität erfolgreicher als in einem Zeitraum von weniger als acht Wochen. Diese Aussage können die vorliegenden Daten nur für die RU-Dimension bestätigen. Hier zeigt sich deutlich, dass sich die Probanden der Interventionsgruppe von Studie 3 nach einem zehnwöchigen Interventionszeitraum auffallend innerlich unruhiger und aufgeregter fühlen als die Probanden nach sechs oder dreiwöchigem Interventionszeitraum. Aber auch hier ist die Veränderung nicht signifikant. Vazou-Ekkekakis & Ekkekakis (2009) stellen hingegen fest, dass bei selbstgewählter Intensität die Effekte körperlicher Aktivität am stärksten hervorstechen. Die

Autoren begründen dies mit einem negativen Gefühl von Kontrollverlust der Probanden, wenn die Intensität vom Versuchsleiter festgelegt wird. Diese Tatsache könnte eine mögliche Erklärung dafür darstellen, warum sich bei der GS-Dimension der Summenwert der Kontrollgruppe deutlicher verbessert als der der Interventionsgruppe. Aktuelle Veränderungen. Bei der Aufarbeitung des Forschungsstandes in Kapitel 2 („Psychische Auswirkungen von körperlicher Aktivität“) konnte für die aktuellen Auswirkungen durch körperliche Aktivität auf Wohlbefinden festgestellt werden, dass körperliche Aktivität mit Leistungsbezug eine mittlere bis starke Verbesserung der Stimmungslage ausmacht (Biddle, 2000). Auch Schwerdtfeger et al. schwerdtfegerberhardtchmitorz2008 (not cited) (2008) konnten in ihrer Studie zeigen, dass selbst durch alltägliche Bewegungsaktivitäten diese als förderlich für das Wohlbefinden wahrgenommen werden. In der vorliegenden Arbeit wurden die aktuellen Auswirkungen körperlicher Aktivität auf das Wohlbefinden nur in Studie 3 mittels des Ambulatory Assessments untersucht. Bei allen drei Dimensionen des MDBF (GSa, RUa, WMa) weisen die Probanden nach einer Trainingseinheit höhere Skalenwerte auf. Die Veränderungen von t1 zu t2 sind in allen drei Dimensionen zwar nicht signifikant, zeigen aber bei der WMa- und RUa- Dimension einen mittleren Effekt auf (WMa $\eta^2 = 0.068$; RUa = 0.098) und bei der GSa-Dimension einen starken Effekt ($\eta^2 = 0.266$). Aktuell lässt sich demnach durch ein Lauftraining die Stimmung der Teilnehmer steigern. Die Ergebnisse zu den aktuellen Veränderungen sind kontrovers zu den habituellen Veränderungen. Es scheint zudem aufgrund der hohen Effektstärke, dass die Veränderungen bei einer größeren Stichprobe signifikant werden.

5.1.3 Ergebnisse zur Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit

Der Literaturreview in Kapitel 3 („Literaturreview zu körperlicher Aktivität und kognitiven Funktionen“) zeigt, dass aerobes Fitnesstraining günstige Auswirkungen auf die Kognition hat; zu dieser Erkenntnis ge-

langten Colcombe und Kramer bereits 2003 bei der Auswertung einer auf 18 Studien basierenden Metaanalyse. Die auffälligsten Besserungen wurden im Bereich der exekutiven Kontrollprozesse beobachtet. Bis heute konnten die günstigen Auswirkungen aerober körperlicher Aktivität auf kognitive Funktionen speziell bei jungen Erwachsenen wiederholt bestätigt werden (Padilla et al, 2013, Guiney et Machado, 2013, Padilla et al, 2014, Li et al, 2014; Coles et Tomporowski, 2008). Im Widerspruch zu diesen Ergebnissen steht die Studie von Hopkins und Kollegen aus den USA, die den Effekt aerober körperlicher Aktivität auf die Kognition bei gesunden, jungen Probanden prüften; hier zeigten sich positive Veränderungen in den psychologische Tests nur bei Probanden, die vier Wochen lang und auch am Testtag trainierten und gleichzeitig homozygot für das BDNF-Gen waren. Bei Probanden, die ebenfalls vier Wochen – jedoch nicht am Testtag – trainierten, sowie bei Probanden, die – einmalig – nur am Testtag trainiert haben, wurden keine Veränderungen gefunden. Dieser Beobachtung ist zu entnehmen, dass die Met-Allele des BDNF-Gens den Effekt körperlicher Aktivität auf die Kognition sowie auf einige psychologische Merkmale schwächen, resümieren die Autoren (Hopkins et al, 2012). Die in dieser Arbeit vorgestellten Studien sollen die Forderung bekräftigen, dass es zur Aufklärung des zum Teil kontroversen Forschungsstandes notwendig ist, mehrere Untersuchungen durchzuführen, die die Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die exekutiven Funktionen bei jungen Erwachsenen überprüfen. Diese sind bei den Untersuchungen zu Auswirkungen körperlicher Aktivität auf die Kognition nicht ausreichend vertreten (Krell-Roesch, 2014; Pluncevic, 2012;). Dem ist hiermit Folge geleistet. In allen drei hier beschriebenen Studien wurden die Auswirkungen eines Ausdauertrainings auf die exekutiven Funktionen (Arbeitsgedächtnis und Daueraufmerksamkeit) mittels der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) untersucht. Für die Veränderungen der durch diese Tests untersuchte Arbeitsgedächtnis- und Daueraufmerksamkeitsleistung konnten keine Signifikanzen festgestellt werden. In den hier durchgeführten Studien verbessern sich, in der Regel, zumeist sowohl die Probanden der Kontrollgruppe als auch

der Interventionsgruppe. Bei der Betrachtung der Ergebnisse muss in jedem Fall berücksichtigt werden, dass es sich bei der TAP um eine Testbatterie für die klinische neuropsychologische Diagnostik handelt. Daher ist anzunehmen, dass gesunde Probanden generell schon gut abschneiden; das bedeutet wenige bis keine Fehler und Auslassungen machen, somit ist entsprechend nur eine geringfügige Verbesserung möglich. Auch Krell-Rösch (2014), die in ihrer Studie mit Studierenden zur Erfassung der kognitiven Leistungsfähigkeit den Flanker- und Oddballtest verwendet haben, proklamieren, dass diese Testverfahren zu leicht sind und die Studierenden darin nur wenige Fehler machen, was es schwierig macht, Veränderungen festzustellen. Für die Veränderungshypothesen zur kognitiven Leistungsfähigkeit ist das Folgende zu resümieren: es sind Tendenzen sichtbar, welche zeigen, dass sich in allen drei Studien beim Arbeitsgedächtnistest die Anzahl der Fehler innerhalb der Interventionsgruppe deutlich verbessert. In Studie 1 und 2 können sich sowohl die IG als auch die CG verbessern, in Studie 3 verbessert sich die IG um knapp 39 Prozent, während sich die CG um 43 Prozent verschlechtert. Die Veränderung wird allerdings nicht signifikant ($U = -1.44$, $p = .15$). Für die Anzahl der Auslasser kann allerdings nicht festgehalten werden, dass sich die Teilnehmer der Interventionsgruppe von Studie 3 am meisten verbessern. Für die Anzahl der Auslasser lässt sich in Studie 3 die geringfügigste Verbesserung der IG verzeichnen, in Studie 1 verbessert sich die IG in Bezug auf die Anzahl der Auslasser am meisten. Jedoch kann sich auch hier, wie in allen anderen Studien auch, die Kontrollgruppe deutlich verbessern. Für die Veränderung der Reaktionsgeschwindigkeit lässt sich wie schon bei der Anzahl der Fehler in Studie 3 die größte Verbesserung der Interventionsgruppe feststellen. Beim Median ist die Interventionsgruppe zum Testzeitpunkt 1 langsamer ($M = 703.83$, $SD = 139.49$) als die Kontrollgruppe ($M = 546.67$, $SD = 164.05$). Sie verbessert sich zum Testzeitpunkt 2 um 103.66 Millisekunden, wohingegen die Kontrollgruppe um 69.08 Millisekunden langsamer wird. Die Veränderung unterscheidet sich signifikant zwischen der Kontrollgruppe und der Interventionsgruppe ($U = -2.16$, $p = .03$). Insgesamt betrachtet zeigt

sich beim Arbeitsgedächtnistest für die Reaktionszeit eine deutlichere Verbesserung als bei der IG; die Veränderung ist allerdings nicht signifikant ($F [1,66] = 0.27$, $p = .60$, $\eta^2 = .004$)aktionszeit Beim Test zur Daueraufmerksamkeit verbessert sich die IG sowohl bei der Anzahl der Fehler als auch bei der Anzahl der Auslasser stärker als die Kontrollgruppe. Die Veränderungen sind allerdings in keinem der Fälle signifikant. Bei der Daueraufmerksamkeitsleistung verbessern sich sowohl bezgl. der Anzahl der Fehler als auch der Auslasser in allen Studien, sowohl die IG als auch die CG. Auch bei der Reaktionsgeschwindigkeit kann sich in allen drei Studien sowohl die IG als auch die CG verbessern. Es zeigt sich für alle drei Parameter (Fehler, Anzahl und Median) des Daueraufmerksamkeitstests, dass sich sowohl die Teilnehmer der IG als auch der CG verbessern.

5.1.4 Sonstige Ergebnisse

Desweiteren kann für alle drei hier durchgeführten Studien festgehalten werden, dass sich der BMI im Laufe des Interventionszeitraums nicht signifikant verändert. Durch den Einsatz von Beschleunigungssensoren konnte in Studie 3 gezeigt werden, dass sich die körperliche Aktivität (Mittelwert der Aktivitätsintensität), analysiert über den gesamten Interventionszeitraum (pre, int, post), signifikant zwischen der Kontroll- und Interventionsgruppe unterscheidet. Die Varianzanalyse zeigte für die mittlere Bewegungsintensität eine signifikante Interaktion für „Zeit * Gruppe“ ($F=3.40$, $df=2.36$, $p=0.04$, $\eta^2 = 0.16$). Das bedeutet, dass die Interventionsgruppe, wie von der Studienleitung erwünscht, während und auch zum Teil noch nach dem Interventionszeitraum die aktivere Gruppe darstellt. Bezüglich der Depressionssymptomatik kann die IG in Studie 1 den Summenwert verbessern, wohingegen die CG sich verschlechtert. Diese Veränderung wird vermutlich wegen der geringen Stichprobenanzahl nicht signifikant ($U=-0.997$; $p=0.319$). In Studie 2 zeichnet sich ein gegensätzliches Bild ab: hier kann sich die CG verbessern, wohingegen sich die IG verschlechtert. Auch hier ist die Veränderung nicht

signifikant. In Studie 3 wurde für eine umfangreichere Beurteilung des Wohlbefindens der Fragebogen zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität (SF-36) eingesetzt. Junge Erwachsene scheinen durch die Steigerung ihrer Ausdauerleistungsfähigkeit weder ihre psychische noch soziale Gesundheit steigern zu können. Eher das Gegenteil ist der Fall. Allerdings wird von den Teilnehmern der IG im Vergleich zur CG eine Verbesserung der physischen Gesundheit wahrgenommen. Die Teilnehmer an einem Ausdauertraining betrachten sich als widerstandsfähiger gegenüber Erkrankungen und als körperlich funktionsfähiger. Für keine der Subdimensionen lassen sich signifikante Veränderungen verzeichnen, was sicherlich auch an der geringen Stichprobenzahl liegt. In Bezug auf die allgemeine Gesundheitswahrnehmung zeigt sich, dass die IG zu t2 einen deutlich höheren Skalenwert aufweist als zu t1. Auch Bize et al. (2007) kann nur sehr geringfügige Effekte bezüglich körperlich-sportlicher Aktivität auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität in Längsschnitt- und Interventionsstudien bei jungen Erwachsenen ausmachen. Höner & Demetriou (2012) kommen hingegen zu dem Schluss, dass Menschen dauerhaft und regelmäßig körperlich-sportliche Aktivität ausüben müssen, um von dem positiven Effekt auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität profitieren zu können. Bezüglich der Moderatoren ist die Forschungslage noch unklar. Es zeichnet sich jedoch ab, dass Personen mit niedrigerem Gesundheitsstatus mehr von körperlicher Aktivität profitieren.

5.2 Fazit und Ausblick

Der in dieser Thesis durchgeführte Literaturreview (Kapitel 3) konnte zeigen, dass für die Zielgruppe der jungen Erwachsenen die gleichen positiven Einflüsse der körperlichen Aktivität auf die Kognition bestätigt werden können wie sie auch in Studien an älteren oder alten Probanden gefunden wurden. Es liegen Hinweise darauf vor, dass – insbesondere bei jungen Erwachsenen – akutes aerobes Training die kognitive Leistung deutlich fördert und im direkten Vergleich der Wirkung von Krafttraining – bei gleicher Dauer – überlegen ist. In einer Studie

an Probanden mittleren Alters wurde jedoch auch die Eignung akuter Kraftübungen zur Steigerung der kognitiven Fähigkeiten belegt (Chang et al, 2014). Kurzzeitige körperliche Aktivität kann – einigen Autoren zufolge – besonders intensive Auswirkungen auf die Kognition haben; gleiches wird über hochintensives Intervalltraining berichtet. Allerdings handelt es sich hier jeweils nur um vereinzelte, erst kürzlich veröffentlichte Studien. Es besteht daher noch weiter Forschungsbedarf, denn trotz der Vielzahl einschlägiger Publikationen fehlt es an aussagekräftigen Studien zu einzelnen Fragestellungen. Eine solche Fragestellung betrifft den sporadisch erwähnten intersexuellen Unterschied bezüglich der Wirksamkeit körperlicher Aktivität auf die kognitiven Fähigkeiten. Bisherige Erkenntnisse weisen darauf hin, dass bei Männern eher positive Auswirkungen zu erwarten sind als bei Frauen – es mangelt an belastbaren Daten sowie an Arbeitshypothesen zu diesem Thema. Zu den Auswirkungen ‚chronischer‘ körperlicher Aktivität liegen auch in den Studien, die sich mit jungen Erwachsenen befassen, gegenwärtig kaum belastbare Daten vor. Auch in den hier durchgeführten Studien konnten keine signifikanten Auswirkungen auf die Arbeitsgedächtnis- oder die Daueraufmerksamkeitsleistung festgestellt werden. Es zeigten sich lediglich in Studie 3, in der der Interventionszeitraum am längsten war, signifikante Veränderungen bezüglich der Reaktionsgeschwindigkeit (Median) beim Arbeitsgedächtnistest. An dieser Stelle besteht weiter Forschungsbedarf. Insbesondere gilt es, sensitive Testverfahren auszumachen oder zu entwickeln, die selbst geringfügige Veränderungen der kognitiven Leistungsfähigkeit, insbesondere bei ohnehin schon kognitiv leistungsstarken Menschen, erfassen. Auch gilt es, den Zeitpunkt der Durchführung der kognitiven Leistungstests zu überdenken. Hopkins et al. können den Effekt einer kognitiven Leistungssteigerung nur bei Probanden nachweisen, die über mehrere Wochen und Testtage trainiert haben. Diese Erkenntnis sollte in weiteren Studien unbedingt berücksichtigt werden. Des Weiteren sollte die Auswirkungen von BDNF bei weiteren Studien besser beobachtet werden. Hopkins et al. (2012) gehen davon aus, dass die Met-Allele des BDNF-Gens den Effekt körperlicher

Aktivität auf die Kognition sowie auf einige psychologische Merkmale schwächen. In der überwiegenden Mehrzahl veröffentlichter Studien wird die Kognition lediglich direkt (bestenfalls nach einem kurzen Intervall im Bereich von Minuten bis zu einer Stunde) nach Abschluss des Trainings gemessen. Es liegen keine Erkenntnisse darüber vor, ob die erzielten kognitiven Verbesserungen vorübergehend sind und ob bzw. bei welchem Trainingsprotokoll anhaltende positive Besserungen der Kognition zu erzielen sind. Derartige Fragestellungen wurden bislang am ehesten an Alzheimer-Patienten geprüft. Bei ihnen wurden nach halbjährigem regelmäßigem Training deutliche, während der Dauer des Trainings anhaltende Besserungen ermittelt. Die hier durchgeführten Studien untersuchen zwar die langfristigen Auswirkungen, doch beträgt der längste Interventionszeitraum zehn Wochen. Hier ist die Länge des Interventionszeitraums sicherlich noch ausbaufähig. Ebenso sollte die Art und Intensität des Trainings genauer untersucht werden. Insbesondere zeichnet sich die Tendenz ab, dass bezüglich des Wohlbefindens die Effekte am deutlichsten hervorstechen, wenn von den Teilnehmern die Intensität des Trainings selbstgewählt wird (Vazou-Ekkekakis & Ekkekakis, 2009). Abschließend lässt sich festhalten, dass durch das Ausdauertraining die Befindlichkeit junger Erwachsener kurzfristig gesteigert werden kann. Es zeigen sich jedoch langfristig keine Effekte. Auch die Subskalen des (nur in Studie 3 eingesetzten) SF-36 spiegeln diese Tendenz wider. Junge Erwachsene scheinen durch die Steigerung ihrer Ausdauerleistungsfähigkeit weder ihre psychische noch soziale Gesundheit steigern zu können. Eher das Gegenteil ist der Fall. Allerdings wird von den Teilnehmern der IG im Vergleich zur CG eine Verbesserung der physischen Gesundheit wahrgenommen. Die Teilnehmer an einem Ausdauertraining betrachten sich als widerstandsfähiger gegenüber Erkrankungen und als körperlich funktionsfähiger. Hier gilt es, weitere Studien mit einer größeren Stichprobenanzahl durchzuführen. Denn auch wenn diese Tendenzen aufgrund der geringen Stichprobe nicht signifikant sind, sollte (nach Meinung der Verfasserin) genau an dieser Stelle für die weitere Forschung angesetzt werden. Denn nur Jugendliche, die sich gesund, körperlich leistungsfähig

und guter Stimmung fühlen, sind auch in der Lage, gute Leistungen im Studium oder Berufsleben zu erbringen. In den hier durchgeführten Studien konnten kurzfristige Verbesserungen auf das Wohlbefinden erzielt werden, langfristig war eher das Gegenteil der Fall. Vermutlich fühlen sich junge Erwachsene in ihrem Studium oder während der Ausbildung durch die Teilnahme an einem (zu einem bestimmten Termin festgesetzten) Ausdauertraining zusätzlich zu ihren ohnehin schon bestehenden Pflichten weiter in ihrer Freizeitgestaltung eingeschränkt. Obwohl die Teilnahme an den Studien freiwillig war, waren die Probanden der Interventionsgruppe teilweise nur schwer dazu zu bewegen, „ins Laufen“ zu kommen. Junge Erwachsene scheinen hinsichtlich ihres Wohlbefindens mehr von anderen Faktoren als der körperlichen Fitness zu profitieren; zu nennen sind hier Freunde, Spaß an der Arbeit oder im Studium, erfülltes Familienleben etc. Somit muss in zukünftigen Studien in jedem Fall ein Augenmerk auf weitere Moderatorvariablen (Geschlecht, sozialer Status, Umfeld, Schlafverhalten etc.) gelegt werden, welche es zu identifizieren und untersuchen gilt. Dennoch ist es als positiv zu werten, wenn die Fitness der jungen Erwachsenen gesteigert werden kann. Studien zeigen, dass körperlich aktive Menschen bis ins hohe Alter hinsichtlich ihrer physischen und psychischen Gesundheit profitieren (Pate et al., 1995; Samitz & Baron, 2002). Somit kann ein Ausdauertraining in jungen Jahren – ähnlich wie die finanzielle Altersvorsorge – als Gesundheitsvorsorge betrachtet werden.

Die vorliegende Arbeit zeigt insbesondere, dass es notwendig ist, den Nutzen von Ausdauertraining bei jungen gesunden Erwachsenen auf die kognitive Leistungsfähigkeit kritisch zu betrachten. Das Wohlbefinden lässt sich durch ein Training zur Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit nur kurzfristig steigern, eindeutige langfristige Effekte bleiben bei dieser physisch und psychisch gesunden Kohorte aus. Bei jungen Menschen mit höherem Bildungsabschluss lässt sich kein signifikanter Nutzen durch eine Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit nachweisen. An dieser Stelle zeigen eventuell längere Interventionsstudien mit einer Trainingsdauer von mindestens sechs Monaten deutlichere Ef-

fekte. Für zukünftige Forschungsarbeiten sind Langzeitstudien wichtig, die die Auswirkungen einer gesteigerten Ausdauerleistungsfähigkeit auf die kognitive Leistungsfähigkeit und das Wohlbefinden über die gesamte Lebensspanne hinweg betrachten.

Um Deckeneffekte zu vermeiden, ist es sinnvoll, für weitere Studien Stichproben von Jugendlichen und jungen Erwachsenen mit niedrigerem Bildungsniveau zu akquirieren.

Die Analyse unterschiedlichster Bildungsbiografien unter Berücksichtigung der körperlichen Leistungsfähigkeit stellt ein mögliches weiteres Forschungsfeld für die Zukunft dar.

6 Anhang

I Verzeichnis der Abkürzungen

Abk.	Erklärung
ADS	Allgemeine Depressionsskala
ANOVA	Varianzanalyse
BDNF	Brain Derived Neurotrophic Factor
BMI	Body Mass Index (Körpergewicht [kg] / (Körpergröße [m]) ²)
HRQOL	Health Related Quality of Life
IGF	Insulin-like Growth Factor
M	Mittelwert
Max	Maximum
MDBF	Mehrdimensionaler Befindlichkeitsfragebogen
MDBF-GS	Mehrdimensionaler Befindlichkeitsfragebogen - Gute-Schlechte Stimmung
MDBF-RU	Mehrdimensionaler Befindlichkeitsfragebogen - Ruhe-Unruhe
MDBF-WM	Mehrdimensionaler Befindlichkeitsfragebogen - Wachheit-Müdigkeit
Mdn	Median
Min	Minimum
SF-36	Short Form 36 Health Survey Questionnaire
TAP	Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung
TAP-AG	Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung - Arbeitsgedächtnistest
TAP-DA	Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung - Daueraufmerksamkeitstest
VGF	Vascular Growth Factor
QOL	Quality of Life

II Erklärung

Ich versichere, dass die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt sowie die Stellen der Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, durch Angabe der Quellen kenntlich gemacht wurden. Die Regeln zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis im Karlsruher Institut für Technologie (KIT) habe ich beachtet.

Karlsruhe, am 18. März 2015

Katrin Walter, Verfasser

Literatur

- Abbott, R. D., White, L. R., Ross, G. W., Masaki, K. H., Curb, J. D. & Petrovitch, H. (2004). Walking and dementia in physical capable elderly men. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 292, 1447-1453.
- Abele, A. & Brehm, W. (1986). Zur Konzeptualisierung und Messung von Befindlichkeit. *Diagnostica*, 32, 209-229.
- Abele, A., Brehm, W. & Gall, T. (1991). Wohlbefinden: Theorie - Empirie - Diagnostik (1. Aufl.). In A. Abele & P. Becker (Hrsg.), *Sportliche Aktivität und Wohlbefinden* (S. 279-296.). Weinheim: Juventa.
- Alfermann, D. & Stoll, O. (1996). Befindlichkeitsveränderungen nach sportlicher Aktivität. *Sportwissenschaft*, 26 (4), 407-423.
- Allerhand, M., Gale, C. & Deary, I. (2014). The dynamic relationship between cognitive function and positive well-being in older people: A prospective study using the English Longitudinal Study of Aging. *Psychology and Aging*, 29, 306-318.
- Alves, C. R., Tessaro, V. H., Teixeira, L. A., Murakava, K., Roschel, H., Gualano, B. & Takito, M. Y. (2014). Influence of acute high-intensity aerobic interval exercise bout on selective attention and short-term memory tasks. *Perceptual and Motor Skills*, 118, 63-72.
- Arcoverde, C., Deslandes, A., Moraes, H., Almeida, C., deAraujo, N. B., Vasques, P. E., Silveira, H. & Laks, J. (2014). Treadmill training as an augmentation treatment for Alzheimer's disease: a pilot randomized controlled study. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 72, 190-196.
- Arent, S. M., Landers, D. M. & Etnier, J. L. (2000). The effects of exercise on mood in older adults: A meta-analytic review. *Journal of Aging and Physical Activity*, 8, 407-430.
- Ayan, S. (2009). Bewegung für den Geist. *Gehirn und Geist*, 5, 31-39.
- Babyak, M., Blumenthal, J. A., Herman, S., Khatri, P., Doraiswamy, M., Moore, K., Craighead, E., Baldewicz, T. T. & Krishnan, K. R. (2000). Exercise treatment for major depression: Maintenance of therapeutic benefit at 10 months. *Psychosomatic Medicine*, 62, 633-638.
- Baddeley, A. (1988). *So denkt der Mensch*. München: Droemer Knaur.
- Baddeley, A. (2002). Is working memory still working? *European Psychologist*, 7(2), 85-97.

- Baddeley, A. & Sala, S. D. (1998). Working memory and executive control. In A. Roberts, T. Robbins & L. Weiskrantz (Hrsg.), *The prefrontal cortex. Exekutive and cognitive functions* (S. 9–21). Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory. *Trends in Cognitive Science*, 4 (11), 417–423.
- Banoujaafar, H., Hoecke, J. V., Mossiat, C. M. & Marie, C. (2014). Brain BDNF levels elevation induced by physical training is reduced after unilateral common carotid artery occlusion in rats. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*.
- Banzer, W., Knoll, M. & Bös, K. (1998). Gesundheitssport: Ein Handbuch. In K. Bös & W. Brehm (Hrsg.), *Sportliche Aktivität und psychische Gesundheit* (S. 17–32). Hofmann: Schorndorf.
- Barbour, K. A. & Blumenthal, J. A. (2005). Exercise training and depression in older adults. *Neurobiology of Aging*, 26 Suppl 1, 119–123.
- Barnow, S. (2012). Emotionsregulation und Psychopathologie: Ein Überblick. *Psychologische Rundschau*, 63, 111-124.
- Baumann, A. E. (2004). Updating the evidence that physical activity is good for health: An epidemiological review 2000-2003. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7 (1), 6-19.
- Baym, C. L., Khan, N. A., Pence, A., Raine, L. B., Hillman, C. H. & Cohen, N. J. (2014). Aerobic fitness predicts relational memory but not item memory performance in healthy young adults. *Journal of Cognitive Neuroscience*, Jun 4, 1-8.
- Becker, P. (1991). Theoretische Grundlagen. In A. Abele & P. Becker (Hrsg.), *Wohlbefinden. Theorie - Empirie - Diagnostik* (S. 13-49). Weinheim: Juventa.
- Beier, M., Bombardier, C. H., Hartoonian, N., Motl, R. W. & Kraft, G. H. (2014). Improved physical fitness correlates with improved cognition in multiple sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95, 1328-1334.
- Berchtold, J. P., N.C. and Kesslak, Pike, C. J., Adlard, P. A. & Cotman, C. W. (2001). Estrogen and exercise interact to regulate brain-derived neurotrophic factor mRNA and protein expression in the hippocampus. *European Journal of Neuroscience*, 14, 1992-2002.
- Bialystok, E., Craik, F. I. M. & Luk, G. (2012). Bilingualism: consequences for mind and brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(4), 240–250.

- Biddle, S. J. H. (2000). Physical activity and psychological well-being. In S. J. H. Biddle, K. R. Fox & S. H. Boutcher (Hrsg.), (S. 63–87). London: Routledge.
- Biddle, S. J. H. & Asare, M. (2011). (2011). Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. *Br J Sports Med* 2011 45: 886-895 downloaded from bjsm.bmj.com on March 18, 2014. *British Journal of Sports Medicine*, 45, 886-895 Zugriff am 18. März 2014 unter bjsm.bmj.com.
- Biddle, S. J. H., Fox, K. R. & Boucher, S. H. (2000). *Physical activity and psychological well-being*. London: Routledge.
- Bielak, A. A. M., Cherbuin, N., Bunce, D. & Anstey, K. J. (2014). Preserved differentiation between physical activity and cognitive performance across young, middle, and older adulthood over 8 years. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 69(4), 523–532.
- Bize R., P. R., Johnson J.A. (2007). Physical activity level and health-related quality of life in the general adult population: A systematic review. *Preventive Medicine*, 45, 401-415.
- Bjarnason-Wehrens, B., Schulz, O., Gielen, S., Halle, M., Därsch, M., Hambrecht, R., Lewis, H., Kindermann, W., Schulze, R. & Rauch, B. (2009). Leitlinie körperliche Aktivität zur Sekundärprävention und Therapie kardiovaskulärer Erkrankungen. *Clinical Research in Cardiology*, 4, 1-44.
- Blair, S., Kampert, J., 3rd, H. K., Barlow, C., Macera, C., Jr. Paffenbarger, R. & Gibbons, L. (1996). Influences of cardiorespiratory fitness and other precursors on cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women. *JAMA*, 276, 205–210.
- Blumenthal, J., Babyak, M., Doraiswamy, P., Watkins, L., Hoffman, B., Barbour, K., Herman, S., Craighead, W., Brosse, A., Waugh, R., Hinderliter, A. & Sherwood, A. (2007). Exercise and Pharmacotherapy in the treatment of major depressive disorder. *Psychosomatic Medicine*, 69 (7), 587-596.
- Bock, C. (2014). Sport, Bewegung und kardiovaskuläre Prävention. In S. Becker (Hrsg.), *Aktiv und Gesund? Interdisziplinäre Perspektiven auf den Zusammenhang zwischen Sport und Gesundheit* (S. 195–217). Wiesbaden: Springer.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (6., vollst. überarb. und aktual. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Bös, K. (1987). *Handbuch sportmotorischer Tests*. Göttingen: Hogrefe.
- Bös, K. (1998). Fitnessdiagnose. In K. Bös & W. Brehm (Hrsg.), *Gesundheitssport. Ein Handbuch* (S. 188–197). Schorndorf: Hofmann.

- Bös, K. (2000). *Handbuch für Walking* (3 Aufl.). Aachen: Meyer und Meyer.
- Bös, K. (2001). *Handbuch sportmotorischer Tests*. Göttingen: Hogrefe.
- Bös, K. (2003a). Der 2-km-Walking-Test. Alters- und geschlechtsspezifische Normwerte. *Gesundheitssport und Sporttherapie*, 19(6), 201-207.
- Bös, K. (2003b). Motorische Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen. In W. Schmidt, I. H. Tews & W.-D. Brettschneider (Hrsg.), *Erster Deutscher Kinder- und Jugendsportbericht*. (S. 3). Schorndorf: Hofmann.
- Bös, K. (2004). *Wie fit sind Sie? – Fitness testen und trainieren* (5., aktual. und überarb. Aufl.). München: Cpress.
- Bös, K. & Banzer, W. (2006). Ausdauerfähigkeit. In K. Bös, W. Brehm & K. Abu-Omar (Hrsg.), *Handbuch Gesundheitssport (2.Aufl.)*. Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport (S. 239–245). Schorndorf: Hofmann.
- Bös, K., Brehm, W., Neß, W., Sygusch, R., Tittlbach, S. & Wagner, B. (2005). *Deutschland bewegt sich! Test – Übungsleiter-Manual*. Frankfurt: Deutscher Turner-Bund.
- Bös, K., Hänsel, F. & Schott, N. (2004). *Empirische Untersuchungen in der Sportwissenschaft: Planung - Auswertung - Statistik* (2., vollst. überarb. und aktual. Aufl.). Hamburg: Czwalina.
- Bös, K. & Saam, J. (2002). *Tipps für Walking* (5 Aufl.). Aachen: Meyer und Meyer.
- Boucard, G. K., Albinet, C. T., Bugajska, A., Bouquet, C. A., Clarys, D. & Audiffren, M. (2012). Impact of physical activity on executive functions in aging: a selective effect on inhibition among old adults. *J Sport Exerc Psychol*, 34(6), 808–827.
- Bouchard, C., Blair, S. & Haskell, W. (Hrsg.). (2007). *Physical activity and health*. Champaign: Human Kinetics.
- Bouchard, C. & Shephard, R. J. (1994). Physical activity, fitness, and health: The model and key concepts. In C. Bouchard, R. J. Shephard & T. Stephens (Hrsg.), *Physical activity, fitness, and health. International proceedings and consensus statement* (S. 77–88). Champaign: Human Kinetics.
- Brandes, M. (2012). Körperliche Aktivität oder Fitness: Was ist wichtiger für die Gesundheit? *Bundesgesundheitsblatt*, 55, 96–101. (Online publiziert: 24. Dezember 2011.)

- Brehm, W. (2006). Stimmung und Stimmungsmanagement. In K. Bös & W. Brehm (Hrsg.), *Handbuch Gesundheitssport* (2., vollst. neu bearb. Aufl., S. 319–333). Schorndorf: Hofmann.
- Brehm, W. & Abele, A. (1992). Auswirkungen sportlicher Aktivität. In H. Baumann (Hrsg.), *Altern und körperliches Training* (S. 93–113). Bern: Huber.
- Brehm, W., Janke, A., Sygusch, R. & Wagner, P. (2006). *Gesund durch Gesundheitssport. Zielgruppenorientierte Konzeption, Durchführung und Evaluation von Gesundheitssportprogrammen*. Reihe Gesundheitsforschung. Weinheim: Juventa.
- Brosse, A., Lett, H. & Blumenthal, J. (2002). Exercise and the treatment of clinical depression in adults. Recent findings and future directions. *Sports Medicine*, 32(2), 741–760.
- Buchner, A. & Brandt, M. (2008). Gedächtniskonzeption und Wissensrepräsentationen. In J. Müsseler (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie* (S. 429–464). Heidelberg: Spektrum.
- Bucksch, J. & Schlicht, W. (2010). Reduziert sich das Mortalitätsrisiko sowohl für normal- als auch übergewichtige Personen durch körperliche Aktivität? *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 61 (3), 72–78.
- Bullinger, M. (2000). Lebensqualität: Aktueller Stand und neuere Entwicklungen der internationalen Lebensqualitätsforschung. In U. Ravens-Sieberer & A. Cieza (Hrsg.), *Lebensqualität und Gesundheitsökonomie in der Medizin. Konzepte Methoden Anwendungen*. (S. 13–24). Landsberg: Ecomed.
- Bullinger, M. (2002). Und wie geht es Ihnen? Die Lebensqualität der Patienten als psychologisches Forschungsthema in der Medizin. In E. Brühler & B. Strauß (Hrsg.), *Handlungsfelder der psychosozialen Medizin*. (S. 308–329). Göttingen: Hogrefe.
- Bullinger, M. & Kirchberger, I. (1998). *SF-36. Fragebogen zum Gesundheitszustand. Handanweisung*. Göttingen: Hogrefe.
- Bullinger, M. & Ravens-Sieberer, U. (1995). Grundlagen, Methoden und Anwendungsgebiete der Lebensqualitätsforschung bei Kindern. *Praxis der Kinderpsychologie und Kinderpsychiatrie*, 44(10), 391–398.
- Bundesamt., S. (2010). *Todesursachen in Deutschland 2009*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Bundesministerium für Gesundheit. (2014). *Gesundheitsdefinition der WHO 1948*.

- Bussmann, J. B., Ebner-Priemer, U. W. & Fahrenberg, J. (2009). Ambulatory Activity Monitoring. Progress in Measurement of Activity, Posture, and Specific Motion Patterns in Daily Life. *European Psychologist*, *14*(2), 142–152.
- Callejas, A., Lupiáñez, J. & Tudela, P. (2004). The three attentional networks: on their independence and interactions. *Brain and Cognition*, *54*(3), 225–227.
- Carvalho, A., Rea, I. M., Parimon, T. & Cusack, B. J. (2014). Physical activity and cognitive function in individuals over 60 years of age: a systematic review. *Clinical Interventions in Aging*, *9*, 661–682.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E. & Christenson, G. M. (1985). *Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research*. Public Health Report. (100 (2), 126-131)
- Chang, Y.-K., Tsai, C.-L., Huang, C.-C., Wang, C.-C. & Chu, I.-H. (2014). Effects of acute resistance exercise on cognition in late middle-aged adults: general or specific cognitive improvement? *Journal of Science and Medicine in Sport*, *17*(1), 51–55.
- Chemgaroo. (2014). *Endothelzellen*. ChemgaPedia. Online-Lexikon. Fachgebiet Zellbiologie. (Zugriff am 3. März 2014 unter <http://www.chemgapedia.de/vsengine/glossary/de/endothelzellen.glos.html>)
- Colcombe, S. & Kramer, A. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *American Psychological Society*, *14*(2), 125-130.
- Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Scalf, P. E., Kim, J. S., Prakash, R., McAuley, E., Elavsky, S., Marquez, D. X., Hu, L. & Kramer, A. F. (2006). *Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans*. The Journals of Gerontology: Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, *61A*(11), 1166-1170.
- Coles, K. & Tomporowski, P. D. (2008). Effects of acute exercise on executive processing, short-term and long-term memory. *Journal of Sports Sciences*, *26*(3), 333–344.
- Cotman, C. W. & Berchtold, N. C. (2002). Exercise: A behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends in Neuroscience*, *25*, 295-301.
- Craft, L. L. & Landers, D. M. (1998). The effects of exercise on clinical depression and depression resulting from mental illness: A meta-analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, *20*, 339-357.

- Delp, M. D., Armstrong, R. B., Godfrey, D. A., Laughlin, M. H., Ross, C. D. & Wilkerson, M. K. (2001). Exercise increases blood flow to locomotor, vestibular, cardiorespiratory and visual regions of the brain in miniature swine. *Journal of Physiology*, *533*, 849-859.
- De Marées, H. (2003). *Sportphysiologie* (9., vollst. überarb. und erweit. Aufl.). Köln: Sportverlag Strauss.
- Diamond, A. (2006). The Early Development of Executive Functions. In E. Bialystok & F. Craik (Hrsg.), *Lifespan cognition. Mechanisms of change*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Diener, E., Sue, E. M., Lucas, R. E. & Smith, H. L. (1999). Subjective well-being. Three decades of progress. *Psychological Bulletin*, *125* (2), 276-302.
- Dishman, R. K., Berthoud, H.-R., Booth, F. W., Cotman, C. W., Edgerton, V. R., Fleshner, M. R., Gandevia, S. C., Gomez-Pinilla, F., Greenwood, B. N., Hillman, C. H., Kramer, A. F., Levin, B. E., Moran, T. H., Russo-Neustadt, A. A., Salamone, J. D., Van Hoo-missen, J. D., Wade, C. E., York, D. A. & Zigmond, M. J. (2006). Neurobiology of exercise. *Obesity (Silver Spring)*, *14* (3), 345-356.
- dpa. (2013). *Ärzte sorgen sich um Kinder* (Tech. Rep.). Ärzte Zeitung online. 1. Zugriff am 3. Januar 2014 unter <http://www.aerztezeitung.de/medizin/krankheiten/herzKreislauf/article/850390/koerperfett-aerzte-sorgen-kinder.html>.
- Dudel, J., Menzel, R. & Schmidt, R. (2001). *Neurowissenschaft*. Berlin: Springer.
- Ekkekakis, P. & Lind, E. (2006). Exercise does not feel the same when you are overweight: the impact of self-selected and imposed intensity on affect and exertion. *International Journal of Obesity*, *30*(4), 652-660.
- Ekkekakis, P. & Petruzzello, S. J. (2000). Analysis of the affect measurement conundrum in exercise psychology - I. Fundamental Issues. *Psychology of Sport and Exercise*, *1*, 71-88.
- Erickson, K. I., Leckie, R. L. & Weinstein, A. M. (2014). Physical activity, fitness, and gray matter volume. *Neurobiology of Aging*, *35 Suppl 2*, S.20-S.28.
- Eriksson, P., Perfilieva, E., Björk-Eriksson, T., Alborn, A., Nordborg, C., Peterson, D. & Gage, F. (1998). Neurogenesis in the adult human hippocampus. *Nature Medicine*, *4*, 1313-1317.
- Etnier, J. L., Salazar, W., Landers, D., Petruzzello, S. J., Han, M. & Nowell, P. (1997). The influence of physical fitness and exercise upon cognitive functioning: A meta-analysis. *Journal of sport & exercise psychology*, *19*(3), 249-277.

- Ewert, O. (1983). Ergebnisse und Probleme der Emotionsforschung. In H. Thomae (Hrsg.), *Theorien und Formen der Motivation (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C, Theorie und Forschung)* (Bd. 1, S. 397–452). Göttingen: Hogrefe.
- Fahrenberg, J. (2010). Ambulantes Assessment. In H. Hölling & B. Schmitz (Hrsg.), *Handbuch Statistik, Methoden und Evaluation* (S. 201–212). Göttingen Hogrefe.
- Fahrenberg, J., Hüttner, P. & Leonhart, R. (2001). Monitor: Acquisition of psychological data by a hand-held PC. In J. Fahrenberg & M. Myrtek (Hrsg.), *Progress in ambulatory assessment*. Seattle, WA: Hogrefe & Huber.
- Fahrenberg, J., Leonhart, R. & Foerster, F. (Hrsg.). (2002). *Alltagsnahe Psychologie. Datenerhebung im Feld mit hand-held PC und physiologischem Mess-System*. Bern: Verlag Hans Huber.
- Fahrenberg, J., Myrtek, J., Pawlik, K. & Perrez, M. (2007). Ambulantes Assessment - Verhalten im Alltagskontext erfassen. Eine verhaltenswissenschaftliche Herausforderung an die Psychologie. *Psychologische Rundschau*, 58(1), 12–23.
- Fahrenberg, J., Myrtek, M., Pawlik, K. & Perrez, M. (2007). Ambulatory Assessment - Monitoring Behavior in Daily Life Settings. A Behavioral - Scientific Challenge for Psychology. *European Journal of Psychological Assessment*, 23(4), 206–213.
- Fan, J., McCandliss, B. D., Sommer, T., Razu, A. & Posner, M. I. (2002). Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 340–347.
- Fogelholm, M. (2010). Physical activity, fitness and fatness: relations to mortality, morbidity and disease risk factors. A systematic review. *Obesity Reviews*, 11(3), 202–21.
- Förster, F. & Fahrenberg, J. (2000). Motion pattern and posture. Correctly assessed by calibrated accelerometers. *Behaviour Research Methods, Instruments and Computers*, 32, 450–457.
- Frank, R. (1991). Körperliches Wohlbefinden. In A. Abele & P. Becker (Hrsg.), *Wohlbefinden. Theorie - Empirie - Diagnostik* (S. 71–95). Weinheim: Juventa.
- Friedland, T., R. P. and Fritsch, Smyth, K. A., Koss, E., Lerner, A. J., Chen, C. H., Petot, G. J. & Debanne, S. M. (2001). Patients with Alzheimer's disease have reduced activities in midlife compared with healthy control-group members. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 98, 3440–3445.
- Fuchs, R. (2003). *Gesundheit und Public Health*. Göttingen: Hogrefe.

- Fuchs, R. (2007). Public Health-Psychologie: Individuum und Bevölkerung zwischen Verhältnissen und Verhalten. In T. von Lengerte (Hrsg.), (S. 77-91). Weinheim: Juventa.
- Fuchs, R. & Leppin, A. (1992). Sportliche Aktivität, sozialer Rückhalt und Lebensstrefals Determinanten der psychischen Gesundheit. *Sportpsychologie*, 6, 13-19.
- Gabler, H. (2000). Motivationale Aspekte sportlicher Handlungen. In H. G. and R. Nitsch & R. Singer (Hrsg.), *Einführung in die Sportpsychologie: Grundthemen* (S. 197-246). Schorndorf: Hofmann.
- Gabler, H., Nitsch, J. R. & Singer, R. (2000). *Einführung in die Sportpsychologie. Teil 1: Grundthemen (3. erw. und überarb. Auflage)*. Schorndorf: Hofmann.
- Garcia-Mesa, Y., Pareja-Galeano, H., Bonet-Costa, V., Revilla, S., Gómez-Cabrera, M. C., Gambini, J., Giménez-Llort, L., Cristófol, R., Viña, J. & Sanfeliu, C. (2014). Physical exercise neuroprotects ovariectomized 3xtg-ad mice through bdnf mechanisms. *Psychoneuroendocrinology*, 45, 154-166.
- Gerrig, R. J. & Zimbardo, P. G. (2002). *Psychology and Life (sixteenth edition)*. Boston: Allyn and Bacon.
- Goebel, S. (2007). *Klinische und experimentelle Neuropsychologie der strategischen Fähigkeiten*. Dissertation, Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- Gomer, M. (1994). *Die Veränderung psychischer Zustände, Stimmungen und Dispositionen durch sportliche Aktivität*. Dissertation, Dissertation, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.
- Goschke, T. (2008). Volition und kognitive Kontrolle. In J. Müsseler (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie* (S. 232-293). Heidelberg: Spektrum.
- Graf, C., Predel, H. G. & Bjarnason-Wehrens, B. (2004). Körperliche Aktivität in der Primärprävention der koronaren Herzkrankheit. *Kardiovaskuläre Medizin*, 7(3), 119-125.
- Griffin, e. W., Mullally, S., Foley, C., Warmington, S. A., O'Mara, S. M. & Kelly, A. M. (2011). Aerobic exercise improves hippocampal function and increases BDNF in the serum of young adult males. *Physiol Behav*, 104(5), 934-941.
- Grupe, O. (1982). *Bewegung, Spiel und Leistung im Sport: Grundthemen der Sportanthropologie*. Schorndorf: Hofmann.
- Grupe, O. (2000). *Vom Sinn des Sports: kulturelle, pädagogische und ethische Aspekte*. Schorndorf: Hofmann.

- Guiney, H., Lucas, S. J., Cotter, J. D. & Machado, L. (2014). Evidence Cerebral Blood-Flow Regulation Mediates Exercise-Cognition Links in Healthy Young Adults. *Neuropsychology*.
- Guiney, H. & Machado, L. (2013). Benefits of regular aerobic exercise for executive functioning in healthy populations. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(1), 73–86.
- Hänsel, F. (2007). Körperliche Aktivität und Gesundheit. In R. Fuchs, W. Göhner & H. Seelig (Hrsg.), *Aufbau eines körperlich-aktiven Lebensstils: Theorie, Empirie und Praxis* (S. 23-44). Göttingen: Hogrefe.
- Härtel, S., Gnam, J.-P., Löffler, S. & Bös, K. (2011). Estimation of energy expenditure using accelerometers and activity-based energy-models-validation of a new device. *European Review of Aging and Physical Activity*, 8, 109-114.
- Hautzinger, M. & Bailer, M. (1992). *Allgemeine Depressionsskala (ADS)*. Göttingen: Beltz Test.
- Hennen, L., Grünwald, R., Revermann, C. & Sauter, A. (2007). *Hirnforschung. Endbericht zum TA-Projekt. Arbeitsbericht Nr. 117*. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag.
- Hennighausen, K., Schecker, M. & Schulz, E. (o. Jahr). *Aufmerksamkeit und Sprachentwicklung. Explorative Studie zur Generierung von Hypothesen über den Zusammenhang von Störungen der Aufmerksamkeit, der Sprachentwicklung und basaler Prozesse der auditiven Informationsverarbeitung*. (Tech. Rep.). Zugriff am 6. April 2014 unter <http://www.neurolabor.de/AufmerksamSprache.htm>.
- Herholz, K., Buskies, W., Rist, M., Pawlik, G., Hollmann, W. & Heiss, W. D. (1987). Regional cerebral blood flow in man at rest and during exercise. *J Neurol*, 234(1), 9–13.
- Hillman, C. & Schott, N. (2013). Der Zusammenhang von Fitness, kognitiver Leistungsfähigkeit und Gehirnzustand im Schulkindalter: Konsequenzen für die schulische Leistungsfähigkeit. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 20 (1), 33-41.
- Hillman, C. H., Erickson, K. I. & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews. Neuroscience*, 9(1), 58–65.
- Hillman, C. H., Snook, E. M. & Jerome, G. J. (2003). Acute cardiovascular exercise and executive control function. *International Journal of Psychophysiology*, 48(3), 307–314.
- Hogan, C. L., Mata, J. & Carstensen, L. L. (2013). Exercise holds immediate benefits for affect and cognition in younger and older adults. *Psychology and Aging*, 28(2), 587–594.

- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2007). *Einführung in die Trainingswissenschaft* (4., überarb. und erw. Aufl.). Wiebelsheim: Limpert.
- Hollmann, W. & Hettinger, T. (2000). *Sportmedizin: Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin*. Stuttgart: Schattauer.
- Hollmann, W. & Löllgen, H. (2002). Bedeutung der körperlichen Arbeit für kardiale und zerebrale Funktionen. *Deutsches Ärzteblatt*, 99, C1077-C1079.
- Hollmann, W. & Strüder, H. (2003). Gehirngesundheit, -leistungsfähigkeit und körperliche Aktivität. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 54(9), 265–266.
- Hollmann, W. & Strüder, H. (2009). *Sportmedizin - Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin* (5., völlig neu bearb. und erw. Aufl.). Stuttgart: Schattauer.
- Hollmann, W., Strüder, H., Predel, H.-G. & Tagarakis, C. V. M. (2006). *Spiroergometrie. Kardiopulmonale Leistungsdiagnostik des Gesunden und Kranken*. Stuttgart: Schattauer.
- Hollmann, W., Strüder, H. & Tagarakis, C. (2005). Gehirn und körperliche Aktivität. *Sportwissenschaft*, 35 (1), 3-13.
- Hommel, B. (2008). Planung und exekutive Kontrolle von Handlungen. In J. Müsseler (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie* (S. 684–737). Heidelberg: Spektrum.
- Höner, O. & Demetriou, Y. (2012). Körperlich-sportliche Aktivität und gesundheitsbezogene Lebensqualität. In R. Fuchs & W. Schlicht (Hrsg.), *Seelische Gesundheit und sportliche Aktivität* (S. 34–55). Göttingen: Hogrefe.
- Hopkins, M. E., Davis, F. C., Vantighem, M. R., Whalen, P. J. & Bucci, D. J. (2012). Differential effects of acute and regular physical exercise on cognition and affect. *Neuroscience*, 215, 59–68.
- Huertas, F., Zahonero, J., Sanabria, D. & Lupiañez, J. (2011). Functioning of the attentional networks at rest vs. during acute bouts of aerobic exercise. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 33(5), 649–665.
- Hunt, J., Ambrose, R., Touraine, M., Fioraso, G., Bahr, D., Ruocco, G., Tsuchiya, S., Skworzowa, V. I. & Moulds, D. (2013). *Kommunique des G8-Demenzgipfels. Globales Handeln gegen Demenz*. (Tech. Rep.). Kommunique des G8-Demenzgipfels.
- Hüther, G. & Rüter, E. (2000). *Das serotonerge System*. Bremen: Uni-Med.

- Isaacs, K. R., Anderson, B. J., Alcantara, A. A., Black, J. E. & Greenough, W. T. (1992). Exercise and the brain: angiogenesis in the adult rat cerebellum after vigorous physical activity and motor skill learning. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, *12*, 110-119.
- Jansen, C.-P. & Werner, C. (2009). *Koordiniere Dich schlau! Auswirkungen von aerobem Koordinationstraining auf kognitive Fähigkeiten*. Unveröffentlichte Master's Thesis, Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- Jansen, C.-P. & Werner, C. (2012). *Auswirkungen eines 10-wöchigen Ausdauertrainings auf die psychische Befindlichkeit, gesundheitsbezogene Lebensqualität und ausgewählte medizinische Parameter unter Einsatz von ambulanten Monitoring-Systemen*. Unveröffentlichte Master's Thesis, Karlsruher Institut für Technologie (KIT); Institut für Sport und Sportwissenschaft.
- Jasper, B. M. (2008). *BrainfiBrain. Denken und Bewegen*. Aachen: Meyer und Meyer.
- Kamijo, K., Hayashi, Y., Sakai, T., Yahiro, T., Tanaka, K. & Nishihira, Y. (2009). Acute effects of aerobic exercise on cognitive function in older adults. *Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, *64*(3), 356–363.
- Kaminsky, L., Arena, R., Beckie, T., Brubaker, P., Church, T., Forman, D., Franklin, B., Gulati, M., Labvie, C., Myers, J., Patel, M. J., Pina, I., Weintraub, W. & Williams, M. (2013). The Importance of Cardiorespiratory Fitness in the United States: The Need for a National Registry - A Policy Statement of the American Heart Association. *Journal of the American Heart Association*, *127*, 652–662.
- Kanning, M., Ebner-Priemer, U. W. & Brand, R. (2012). Autonomous regulation mode moderates the effect of actual physical activity on affective states: an ambulant assessment approach to the role of self-determination. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *34*, 260-269.
- Kasten, E. (2007). *Einführung Neuropsychologie*. München: Ernst Reinhardt Verlag.
- Kim, B.-K., Shin, M.-S., Kim, C.-J., Baek, S.-B., Ko, Y.-C. & Kim, Y.-P. (2014). Treadmill exercise improves short-term memory by enhancing neurogenesis in amyloid beta-induced alzheimer disease rats. *J Exerc Rehabil*, *10*(1), 2–8.
- King, A. C., Taylor, C. B. & Haskell, W. L. (1993). Effects of differing intensities and formats of 12 months of exercise training on psychological outcomes in older adults. *Health Psychology*, *12*(4), 292-300.

- Knoll, M. (1997). *Sporttreiben und Gesundheit. Eine kritische Analyse vorliegender Befunde*. Schorndorf: Hofmann.
- Knoll, M., Banzer, W. & Bös, K. (2006). Aktivität und physische Gesundheit. In K. Bös & W. Brehm (Hrsg.), *Handbuch Gesundheitssport* (S. 82–102). Schorndorf: Hofmann.
- Kodama, S., Tanaka, S., Saito, K., Shu, M., Sone, Y., Onitake, F., Suzuki, E., Shimano, H., Yamamoto, S. & K. Kondo et al. (2007). Effect of aerobic exercise training on serum levels of high-density lipoprotein cholesterol: a meta-analysis. *Archives of Internal Medicine*, *167*, 999–1008.
- Krell-Rösch, J. (2014). *Interdependence of Physical (In-) Activity, Fitness and Cognition. A Cross-Sectional Study in Young Adults* (Bd. 5). KIT Scientific Publishing.
- Kubesch, S. (2007). *Das bewegte Gehirn. Körperliche Aktivität und exekutive Funktionen*. Schorndorf: Hofmann.
- Kubesch, S. (2008). Lernprozesse durch Schulsport fördern. *Die Grundschulzeitschrift*, *212.213*, 50–53.
- Kupfermann, I. (1996). Cortex und Kognition. In E. Kandel, J. Schwartz & T. Jessel (Hrsg.), *Neurowissenschaften. Eine Einführung*. (S. 353–369). Heidelberg: Spektrum.
- Kwon, D.-H., Kim, B.-S., Chang, H., Kim, Y.-I., Jo, S. A. & Leem, Y.-H. (2013). Exercise ameliorates cognition impairment due to restraint stress-induced oxidative insult and reduced BDNF level. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, *434*(2), 245–251.
- Labelle, V., Bosquet, L., Mekary, S., Vu, T. T. M., Smilovitch, M. & Bherer, L. (2014). Fitness level moderates executive control disruption during exercise regardless of age. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *36*(3), 258–270.
- Lambourne, K. & Tomporowski, P. (2010). The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. *Brain Res*, *1341*, 12–24.
- LaMonte, M., Barlow, C., Jurca, R., Kampert, J., Church, T. & Blair, S. (2005). Cardiorespiratory fitness is inversely associated with the incidence of metabolic syndrome: a prospective study of men and women. *Circulation*, *112*, 505–512.
- Landers, D. M. & Arent, S. M. (2007). Physical Activity and Mental Health. In G. Tenenbaum & R. C. Eklund (Hrsg.), *Handbook of Sport Psychology*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.

- Larson, E. B., Wang, L., Bowen, J. D., McCormick, W. C., Teri, L., Crane, P. & Kukull, W. (2006). Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older. *Annals of Internal Medicine*, *144*, 73-81.
- Laurin, D., Verreault, R., Lindsay, J., MacPherson, K. & Rockwood, K. (2001). Physical activity and risk of cognitive impairment and dementia in elderly persons. *Archives of Neurology*, *58*, 498-504.
- Lavie, C. J. & Milani, R. V. (1995). Effects of Cardiac Rehabilitation and Exercise Training on Exercise Capacity, Coronary Risk Factors, Behavioral Characteristics, and Quality of Life in Women. *American Journal of Cardiology*, *75* (5-6), 340-343.
- Lee, Y., Wang, M., Du, X., Charron, M. & Unger, R. (2011). Glucagon receptor knockout prevents insulin-deficient type 1 diabetes in mice. *Diabetes*, *60* (2), 391-397.
- Leith, L. (1994). *Foundations of exercise and mental health*. Fitness Information Technology.
- Leitzmann, M. F., Park, Y., Blair, A., Ballard-Barbash, R., Mouw, T., Hollenbeck, A. & Schatzkin, A. (2007). Physical activity recommendations and decreased risk of mortality. *Archives of Internal Medicine*, *167*, 391-407.
- Li, J. & Siegrist, J. (2012). Physical activity and risk of cardiovascular disease: a meta-analysis of prospective cohort studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *9*, 391-407.
- Li, L., Men, W.-W., Chang, Y.-K., Fan, M.-X., Ji, L. & Wei, G.-X. (2014). Acute aerobic exercise increases cortical activity during working memory: a functional MRI study in female college students. *PLoS One*, *9*(6), e99222.
- Lichtman, S. & Poser, E. (1983). The effects of exercise on mood and cognitive functioning. *Journal of Psychosomatic Research*, *27*(1), 43-52.
- Lischetzke, T. & Eid, M. (2006). Wohlbefindensdiagnostik. In F. Petermann & M. Eid (Hrsg.), *Handbuch der Psychologischen Diagnostik* (S. 550-557). Göttingen: Hogrefe.
- Lucas, S. J. E., Ainslie, P. N., Murrell, C. J., Thomas, K. N., Franz, E. A. & Cotter, J. D. (2012). Effect of age on exercise-induced alterations in cognitive executive function: relationship to cerebral perfusion. *Experimental Gerontology*, *47*(8), 541-551.

- Lüthi, H. (2007). Lebensqualität transparent machen. *physiopraxis*, 34-35.
- MacMahon, J. R. & Gross, R. T. (1988). Physical and psychological effects of aerobic exercise in delinquent adolescent males. *American Journal of Diseases of Children*, 142(12), 1361–1366.
- Matthews, G., Jones, D. & Chamberlain, A. (1990). Refining the measurement of mood: The UWIST Mood Adjective Checklist. *British Journal of Psychology*, 81, 17–42.
- Mayring, P. (1991). Die Erfassung subjektiven Wohlbefindens. In A. Abele & P. Becker (Hrsg.), *Wohlbefinden. Theorie - Empirie - Diagnostik* (S. 51–70). Weinheim: Juventa.
- McAuley, E., Kramer, A. & Colcombe, S. (2004). Cardiovascular function in older adults: a brief review. *Brain, Behavior and Immunity*, 18, 214–220.
- McDonald, J. A., D. G. & Hodgdon. (1991). *Psychological effects of aerobic fitness training. research and theory*. New York: Springer.
- Mensah, G. A. & Brown, D. (2007). An overview of cardiovascular disease burden in the United States. *Health Affairs*, 26, 38–38.
- Metzenthin, S. & Tischhauser, S. (1996). *Auswirkungen des Sporttreibens auf Selbstkonzept und psychisches Wohlbefinden*. Zürich: Gesellschaft zur Förderung der Sportwissenschaften an der ETH Zürich.
- Montessori, M. (1993). *Kinder sind anders* (13. Aufl.). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Morris, M. & Salmon, P. (1994). Qualitative and quantitative effects of running on mood. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 34(3), 284-291.
- Moser, A. (2010). *Die Effekte des Sporttreibens auf die kognitive Leistungsfähigkeit im schulischen Kontext*. Dissertation, Universität Freiburg.
- Mulder, T. (2007). *Das adaptive Gehirn: über Bewegung, Bewusstsein und Verhalten*. Bern: Thieme.
- Nanda, B., Balde, J. & Manjunatha, S. (2013). The acute effects of a single bout of moderate-intensity aerobic exercise on cognitive functions in healthy adult males. *J Clin Diagn Res*, 7(9), 1883–1885.

- Nascimento, C. M. C., Pereira, J. R., Pires de Andrade, L., Garuffi, M., Ayan, C., Kerr, D. S., Talib, L. L., Cominetti, M. R. & Stella, F. (2014). Physical Exercise Improves Peripheral BDNF Levels and Cognitive Functions in Elderly Mild Cognitive Impairment Individuals with Different BDNF Val66Met Genotypes. *Journal of Alzheimer's Disease*.
- Nelson, T. D. (2005). Ageism: Prejudice Against Our Feared Future Self. *Journal of Social Issues*, 61, No.2, 207–221.
- Neß, W. (2003). *Psychisches Wohlbefinden und Sport*. Kassel: university press GmbH.
- Neumann, N. & Frasch, K. (2005). Biologische Mechanismen antidepressiver Wirksamkeit von körperlicher Aktivität. *Psycho Neuro*, 31 (10), 513-517.
- Newcomer, J., Selke, G., Melson, A., Hershey, T., Craft, S., Richards, K. & Alderson, A. (1999). Decreased memory performance in healthy humans induced by stress-level cortisol treatment. *Archives of General Psychiatry*, 56(6), 527-533.
- Nienhüser, W. (1988). *Probleme der Anwendung von Theorien für personalwirtschaftliche Gestaltungsmaßnahmen* (Tech. Rep.). Zugriff am 18. Dezember 2013 http://www.hampp-verlag.de/Archiv/1_88_Nienhueser.pdf.
- Nocon, M., Hiemann, T., Müller-Riemenschneider, F., Thalau, F., Roll, S. & Willich, S. (2008). Association of physical activity with all-cause and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 15, 239–246.
- Nyberg, J., Åberg, M. A. I., Schiöler, L., Nilsson, M., Wallin, A., Torén, K. & Kuhn, H. G. (2014). Cardiovascular and cognitive fitness at age 18 and risk of early-onset dementia. *Brain*, 137(Pt 5), 1514–1523.
- Padilla, C., ez, L. & Andrés, P. (2014). Chronic exercise keeps working memory and inhibitory capacities fit. *Front Behav Neurosci*, 8, 49.
- Padilla C, A. P. P. F., Pérez L. (2013). Exercise improves cognitive control: Evidence from the stop signal task. *Applied Cognitive Psychology*, 27, 505-511.
- Paffenbarger, R., Hyde, H., R.T. and Wing & Hsieh, C. (1986). Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *New England Journal of Medicine*, 314, 605–613.
- Pape, H.-C. (2005). Grundlage kognitiver Funktionen. In S. Silber-nagl, H.-C. Pape & R. Klinke (Hrsg.), *Physiologie* (S. 801–834). Stuttgart: Georg Thieme.

- Pastula, R. M., Stopka, C. B., Delisle, A. T. & Hass, C. J. (2012). Effect of moderate-intensity exercise training on the cognitive function of young adults with intellectual disabilities. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *26*(12), 3441–3448.
- Pate, R. (1988). The evolving definition of physical fitness. *Quest*, *40*(3), 174–179.
- Pate, R. R., Pratt, M., Blair, S. N., Haskell, W. L., Macera, C. A., Bouchard, C., Buchner, D., Ettinger, W., Heath, G. W. & King, A. C. (1995). Physical activity and public health. a recommendation from the centers for disease control and prevention and the american college of sports medicine. *JAMA*, *273*(5), 402–407.
- Pérez, L., Padilla, C., Parmentier, F. B. R. & Andrés, P. (2014). The effects of chronic exercise on attentional networks. *PLoS One*, *9*(7), e101478.
- Perrez, M. (2006). Ambulatory Assessment - Computerunterstützte Selbstbeobachtung im Feld. In F. Petermann & M. Eid (Hrsg.), *Handbuch der Psychologischen Diagnostik* (S. 187–195). Göttingen: Hogrefe.
- Perrig-Chiello, P. (1997). *Ressourcen des Wohlbefindens im Alter*. Weinheim: Juventa.
- Petersen, S. E. & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual Review of Neuroscience*, *35*, 73–89.
- Pfeffer, I. (2010). Einführung in die Terminologie von Gesundheit und Gesundheitsverhalten. In D. Alfermann, O. Stoll & I. Pfeffer (Hrsg.), *Lehrbuch Sportpsychologie: Ein Lehrbuch in 12 Lektionen* (3. Aufl., S. 211–222). Aachen: Meyer & Meyer; Huber.
- Pfeffer, I. & Alfermann, D. (2006). Diagnostik im Gesundheits- und Freizeitsport. *Zeitschrift für Sportpsychologie (Themenheft) - Diagnostik in der Sportpsychologie*, *13* (2), 60–67. (In G. Tenenbaum & B. Strauß)
- Phillips, C., Baktir, M. A., Srivatsan, M. & Salehi, A. (2014). Neuroprotective effects of physical activity on the brain: a closer look at trophic factor signaling. *Front Cell Neurosci*, *8*, 170.
- Pietrelli, A., López-Costa, J. J., Goñi, R., López, E. M., Brusco, A. & Basso, N. (2011). Effects of moderate and chronic exercise on the nitregeric system and behavioral parameters in rats. *Brain Research*, *1389*, 71–82.
- Ploughman, M. (2008). Exercise is brain food: the effects of physical activity on cognitive function. *Developmental Neurorehabilitation*, *11*(3), 236–240.

- Plunzevic, J. (2012). Influence of the physical activity on the cognitive functions with people depending on their age. *Med Arch*, 66(4), 271–275.
- Pontifex, M., Hillman, C., Fernhall, B., Thompson, K. & Valentini, T. (2009). The effect of acute aerobic and resistance exercise on working memory. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(4), 927–934.
- Pontifex, M. B. & Hillman, C. H. (2007). Neuroelectric and behavioral indices of interference control during acute cycling. *Clinical Neurophysiology*, 118(3), 570–580.
- Posner, M. I. & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annu Rev Neurosci*, 13, 25–42.
- Pschyrembel Klinisches Wörterbuch* (259., neu bearbeitete Aufl.). (2002). Walter de Gruyter: Berlin.
- Puetz, T. W., OConnor, P. J. & Dishman, R. K. (2006). Effects of Chronic Exercise on Feelings of Energy and Fatigue: A Quantitative Synthesis. *Psychological Bulletin*, 132(6), 11.
- Radoschewski, M. (2000). Gesundheitsbezogene Lebensqualität: Konzepte und Maße. Entwicklungen und Stand im Überblick. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, 43, 165–189.
- Reed, J. & Ones, D. S. (2006). The effect of acute aerobic exercise on positive activated affect: A meta-analysis. *Psychology of Sport and Exercise*, 7, 477–514.
- Regterschot, G. R. H., Van Heuvelen, M. J. G., Zeinstra, E. B., Fuermaier, A. B. M., Tucha, L., Koerts, J., Tucha, O. & Van Der Zee, E. A. (2014). Whole body vibration improves cognition in healthy young adults. *PLoS One*, 9(6), e100506.
- Reik, R., Woll, A., Gröben, F. & Berndt, E.-D. (2010). Betriebliche Gesundheitsförderung in der Ausbildung. Wie verändert sich der Lebensstil der Jugendlichen über einen zweijährigen Ausbildungszeitraum und welchen Beitrag kann ein Azubi-Fit Program leisten? *Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Umweltmedizin - Zeitschrift für medizinische Prävention.*, 45, 640-646.
- Reimers, C. D., Knapp, G. & Tettenborn, B. (2012). Einfluss körperliche Aktivität auf die Kognition. Ist körperliche Aktivität Demenzpräventiv? *Aktuelle Neurologie*, 39, 276–291.
- Reinhardt, R. (2009). *Laufen macht schlau! Aerobes Ausdauer-Lauftraining, Genotyp und Kognition.* sc, Universität Karlsruhe (TH).

- Röhr-Sendlmeier, U. M. (2009). Entwicklungsförderung durch Bewegung: eine lebenslange Perspektive. *Motorik*, 32(2), 43-58.
- Romahn, N. (2008). *Körperlich-sportliche Aktivität von Kindern und Jugendlichen in Deutschland: Eine repräsentative Befragung mit Kindern und Jugendlichen im Alter von 4-17 Jahren*. Dissertation, Universität Karlsruhe.
- Rost, R. (1997). *Ernährung, Fitness und Sport*. Berlin: Ullstein / Mosby.
- Rost, R. (2001). *Lehrbuch der Sportmedizin*. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag GmbH.
- Röthig, P., Becker, H., Carl, K., Kayser, D. & Prohl, R. (Hrsg.). (1992). *Sportwissenschaftliches Lexikon*. Schorndorf: Hofmann.
- Rueda, M. R., Fan, J., McCandliss, B. D., Halparin, J. D., Gruber, D. B., Lercari, L. P. & Posner, M. I. (2004). Development of attentional networks in childhood. *Neuropsychologia*, 42(8), 1029-1040.
- Russo-Neustadt, A. A., Beard, R. C., Huang, Y. M. & Cotman, C. W. (2000). Physical activity and antidepressant treatment potentiate the expression of specific brain-derived neurotrophic factor transcripts in the rat hippocampus. *Neuroscience*, 101, 305-312.
- Rütten, A. (2005). *Körperliche Aktivität. Gesundheitsberichterstattung des Bundes, 26*. Berlin: Robert-Koch-Institut.
- Sallis, J. & Owen, N. (1999). *Physical activity and behavioral medicine*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Saltin, B. & Helge, J. (2000). Skelettmuskulatur, körperliche Aktivität und Gesundheit. *Der Orthopäde*, 29(11), 942-947.
- Samitz, G. (1998). Körperliche Aktivität zur Senkung der kardiovaskulären Mortalität und Gesamtmortalität. Eine Public Health Perspektive. *Wiener Klinische Wochenschrift*, 110, 589-596.
- Samitz, G. & Baron, R. (2002). Epidemiologie der körperlichen Aktivität. In G. Samitz & G. Mensink (Hrsg.), *Körperliche Aktivität in Prävention und Therapie* (S. 11-31). München: Hans Marseille.
- Sandroff, B. M., Pilutti, L. A., Benedict, R. H. B. & Motl, R. W. (2014). Association between physical fitness and cognitive function in multiple sclerosis: Does disability status matter? *Neurorehabilitation and Neural Repair*.
- Sattelmair, J., Pertman, J., Ding, E. L., Kohl, H. W. 3rd, Haskell, W. & Lee, I. (2011). Dose response between physical activity and risk of coronary heart disease: a meta-analysis. *Circulation*, 124, 789-795.

- Schimmack, U. & Reisenzein, R. (2002). Experiencing Activation: Energetic Arousal and Tense Arousal Are Not Mixtures of Valence and Activation. *Emotion*, 2(4), 412–417.
- Schipf, S., Alte, D., Völzke, H., Friedrich, N., Haring, R., Lohmann, T., Rathmann, W., Nauck, M., Felix, S., Hoffmann, W., John, U. & Wallaschofski, H. (2010). *Prävalenz des Metabolischen Syndroms in Deutschland: Ergebnisse der Study of Health in Pomerania (SHIP)*. Stuttgart: Georg Thieme.
- Schlicht, W. (1994). *Sport und Primärprävention*. Göttingen: Hogrefe.
- Schlicht, W. (1995). *Wohlbefinden und gesundheit durch sport* (Bd. 25). Schorndorf: Hofmann.
- Schlicht, W. (2007). Altern, körperliche Aktivität und Wohlbefinden. In *Wechselwirkungen (Jahrbuch)* (S. 82-94).
- Schlicht, W. & Brand, R. (2007). *Körperliche Aktivität, Sport und Gesundheit: Eine interdisziplinäre Einführung. Grundlagentexte Gesundheitswissenschaften*. Weinheim: Juventa.
- Schnabel, G., Harre, D., Krug, J. & Borde, A. (2005). *Leistung, Training, Wettkampf* (überarb. und erw. Aufl.). Berlin: Sportverlag.
- Schumacher, J., Klaiberg, A. & Brühler, E. (2003). Diagnostik von Lebensqualität und Wohlbefinden: Eine Einführung. In J. Schumacher, A. Klaiberg & E. Brühler (Hrsg.), *Diagnostische Verfahren zu Lebensqualität und Wohlbefinden*. Göttingen: Hogrefe.
- Schwerdtfeger, A., Eberhardt, R. & Chmitorz, A. (2008). Gibt es einen Zusammenhang zwischen Bewegungsaktivität und psychischem Befinden im Alltag? Eine Methodenillustration zum ambulanten Monitoring in der Gesundheitspsychologie. *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie*, 16(1), 2-11.
- Sibley, B. A. & Beilock, S. L. (2007). Exercise and working memory: an individual differences investigation. *J Sport Exerc Psychol*, 29(6), 783–791.
- Sibley, B. A. & Etnier, J. L. (2003). The relationship between physical activity and cognition in children: a meta-analysis. *Pediatric Exercise Science*, 15, 243-256.
- Skinner, J. & Oja, P. (1994). Laboratory and field tests for assessing health-related fitness. In C. Bouchard, R. J. Shephard & D. Stephens (Hrsg.), *Physical activity, fitness and health* (S. 1019–1028). Champaign: Human Kinetics.
- Spitzer, M. (2002). *Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens*. Heidelberg: Spektrum.

- Spitzer, M. (2007). *Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens*. München: Elsevier.
- Steptoe, A. & Cox, S. (1988). Acute effects of aerobic exercise on mood. *Health Psychol*, 7(4), 329–340.
- Stewart, A. L., Hays, R. D., Wells, K. B., Rogers, W. H., Spritzer, K. L. & Greenfield, S. (1994). Long-term Functioning and Well-Being Outcomes Associated with Physical Activity and Exercise in Patients with Chronic Conditions in the Medical Outcomes Study. *Journal of Clinical Epidemiology*, 47 (7), 719–730.
- Steyer, R., Schwenkmezger, P., Notz, P. & Eid, M. (1997). *Der Mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen (MDBF)*. Göttingen: Hogrefe.
- Strobl, H., Brehm, W. & Tittlbach, S. (2010). Körperlich-sportliche Aktivität in der Übergangsphase vom Beruf in den Ruhestand. *Zeitschrift für Gerontologie and Geriatrie*, 5, 297–302.
- Strüder, H. & Weicker, H. (2001). Physiology and Pathophysiology of the serotonergic System and its implications on Mental and Physical Performance Part I. *International Journal of Sports Medicine*, 22, 467–481.
- Stubbs, B., Eggermont, L., Soundy, A., Probst, M., Vandembulcke, M. & Vancampfort, D. (2014). What are the factors associated with physical activity (PA) participation in community dwelling adults with dementia? A systematic review of PA correlates. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 59(2), 195–203.
- Sygnusch, R. (2000). *Sportliche Aktivität und subjektive Gesundheitskonzepte. Eine Studie zum Erleben von Körper und Geist bei jugendlichen Sportlern*. Schorndorf: Karl Hofmann.
- Tolppanen, A.-M., Solomon, A., Kulmala, J., Kåreholt, I., Ngandu, T., Rusanen, M., Laatikainen, T., Soininen, H. & Kivipelto, M. (2014). Leisure-time physical activity from mid- to late life, body mass index, and risk of dementia. *Alzheimers Dement*.
- Tomporowski, P. (2003). Cognitive and behavioral responses to acute exercise in youths: A review. *Pediatric Exercise Science*, 15, 348–359.
- Tomporowski, P. D., Davis, C. L., Miller, P. H. & Naglieri, J. A. (2008). Exercise and Children's Intelligence, Cognition, and Academic Achievement. *Educational Psychological Review*, 20, 111-131.
- Tomporowski, P. D. & Ellis, N. R. (1986). Effects of exercise on cognitive processes: a review. *Psychological Bulletin*, 99, 338-346.

- Trepel, M. (1999). *Neuroanatomie: Struktur und Funktion (2. überarb. Aufl.)*. Jena: Urban und Fischer.
- Union, E. (2013). *Schlüsseldaten über Europa. Kurzfassung 2013 des Online - Jahrbuches von Eurostat (Elektronische Version)*. Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union.
- US Department of Health and Human Services. *Physical activity and health: a report of the surgeon general*. (1996). Atlanta, ga: Us department of health and human services. centers for disease control and prevention, national center for chronic disease and health promotion. (Zugriff am 2. März 2014 unter <http://www.cdc.gov/nccdphp/sgr/pdf/sgrfull.pdf>)
- Vaillant, G. E., Okereke, O. I., Mukamal, K. & Waldinger, R. J. (2014). Antecedents of intact cognition and dementia at age ninety years: a prospective study. *International Journal of Geriatric Psychiatry*.
- Vazou-Ekkekakis, S. & Ekkekakis, P. (2009). Affective consequences of imposing the intensity of physical activity: does the loss of perceived autonomy matter? *Hellenic Journal of Psychology*, 6, 125-144.
- Vital, T. M., Stein, A. M., de Melo Coelho, F. G., Arantes, F. J., Teodorov, E. & Santos-Galduróz, R. F. (2014). Physical exercise and vascular endothelial growth factor (VEGF) in elderly: A systematic review. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 59(2), 234–239.
- Voss, M. W., Nagamatsu, L. S., Liu-Ambrose, T. & Kramer, A. F. (2011). Exercise, brain, and cognition across the life span. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, 111(5), 1505–1513.
- Wagner, P., Woll, A., Singer, R. & Bös, K. (2006). Körperlich-sportliche Aktivität: Definitionen, Klassifikationen und Methoden. In K. Bös & W. Brehm (Hrsg.), *Handbuch Gesundheitssport* (2., vollst. neu bearb. Aufl., S. 58–68). Schorndorf: Hofmann.
- Walter, K., von Haaren, B., Löffler, S., Härtel, S., Jansen, C.-P., Werner, C., Stumpp, J., Bös, K. & Hey, S. (2013). Acute and medium term effects of a 10-week running intervention on mood state in apprentices. *Frontiers in Psychology*, 4, 411.
- Wang, D., Zhai, X., Chen, P., Yang, M., Zhao, J., Dong, J. & Liu, H. (2014). Hippocampal ucp2 is essential for cognition and resistance to anxiety but not required for the benefits of exercise. *Neuroscience*, 277C, 36–44.
- Warburton, D. E. R., Nicol, C. W. & Bredin, S. S. D. (2006). Health benefits of physical activity: The evidence. *Canadian Medical Association Journal*, 174 (6), 801-809., 174 (6), 801-809.

- Weineck, J. (2007). *Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter Berücksichtigung des Kinder und Jugendtrainings*. (15. Aufl.). Balingen: Spitta.
- Weingarten, G. (1973). Mental performance during physical exertion: The benefit of being physically fit. *International Journal of Sports Psychology*, 4, 16-26.
- Whiteman, A. S., Young, D. E., He, X., Chen, T. C., Wagenaar, R. C., Stern, C. E. & Schon, K. (2014). Interaction between serum bdnf and aerobic fitness predicts recognition memory in healthy young adults. *Behavioural Brain Research*, 259, 302–312.
- WHO. (2002). *Reducing Risks, Promoting Healthy Life, 1-239*. The World Health Report. (Zugriff am 24. Februar 2014 unter www.who.int/whr/2002/en/)
- WHO. (2008). Top Ten causes of death. Fact sheet No. 310. *Genf: World Health Organization*.
- Wilhelm, P. & Schoebi, D. (2007). Assessing Mood in Daily Life. Structural Validity, Sensitivity to Change, and Reliability of a Short-Scale to Measure Three Basic Dimensions of Mood. *European Journal of Psychological Assessment*, 23, 258–267.
- Winter, B., Breitenstein, C., Mooren, F., Voelker, K., Fobker, M., Lechtermann, A., Krueger, K., Fromme, A., Korsukewitz, C. & Floel, A. e. a. (2007). High impact running improves learning. Neurobiology of learning and memory. *Neurobiology of Learning and Memory*, 87, 597-609.
- Wolfson, S. & Turnbull, M. (2002). Effects of exercise and outcome feedback on mood : evidence for misattribution. *Journal of Sport Behavior*, 25(4), 394-406.
- Woll, A. (1996). *Gesundheitsförderung in der Gemeinde. Eine empirische Untersuchung zum Zusammenhang von sportlicher Aktivität, Fitneß und Gesundheit bei Personen im mittleren und späteren Erwachsenenalter*. Neu-Isenburg: LinguaMed.
- Woll, A. (2002). *Sport und Gesundheit*. (Vorlesungsskript, Sommersemester 2002, Universität Karlsruhe (TH))
- Woodcock, J., Franco, O., Orsini, N. & Roberts, I. (2011). Non-vigorous physical activity and all-cause mortality: systematic review and meta-analysis of cohort studies. *International Journal of Epidemiology*, 40, 121–138.
- Yaffe, K., Barnes, D., Nevitt, M., Lui, L. Y. & Covinsky, K. (2001). A prospective study of physical activity and cognitive decline in elderly women. *Archives of Internal Medicine*, 161, 1703-1708.

- Yu, F., Thomas, W., Nelson, N. W., Bronas, U. G., Dysken, M. & Wyman, J. F. (2013). Impact of 6-month aerobic exercise on alzheimer's symptoms. *Journal of Applied Gerontology*.
- Ziemainz, H. & Peters, S. (2010). Die Messung aktuellen Wohlbefindens im Gesundheitssport. Ein kritisches Review. *Sportwissenschaft*, 40, 174-181.
- Zimmermann, P. & Fimm, B. (2008). *TAP Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung Version 2.1: Teil 1 (2., überarb. Aufl.)*. Freiburg: Psytest.
- Zintl, F. (1990). *Ausdauertraining. Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung* (2.überarb. Aufl.). München: blv.
- Zoelch, C. (2005). *Zur Messung sich entwickelnder zentral-exekutiver Basisprozesse bei Vor- und Grundschulkindern mit der Random Generation Aufgabe*. Dissertation, Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt.