Ausdauertraining bei Schizophreniepatienten:

**Eine kontrollierte Studie zu den Wirkungen von
Ausdauertraining in der Kombination mit kognitivem
Training auf Ausdauerleistungsfähigkeit,
Funktionsniveau und Hippocampusvolumen**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Sozialwissenschaftlichen Fakultät
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von
Katriona Keller
geboren in Hannover

Göttingen 2014

Betreuungsausschuss

Erstbetreuer: Prof. Dr. med. et Dr. rer. nat. Andree Niklas

weitere Betreuer: Prof. Dr. med. Peter Falkai

Prof. Dr. phil. Arnd Krüger

Weitere Mitglieder der Prüfungskommission: –

Tag der mündlichen Prüfung: 17. November 2014

Das Promotionsvorhaben wurde durch ein Stipendium im Rahmen des Dorothea Schlözer-Programms der Universität Göttingen gefördert.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	XI
Formelzeichenverzeichnis	XIII
Einheitenverzeichnis	XV
1 Zusammenfassung	1
2 Einleitung	5
2.1 Theoretischer Hintergrund	6
2.2 Stand der Forschung: Sportstudien mit Schizophreniepatienten	19
2.3 Zielsetzung und Hypothesen	26
3 Methodik	29
3.1 Probanden	30
3.2 Intervention	30
3.2.1 Ausdauertraining	31
3.2.2 Tischfußballtraining	34
3.2.3 Kognitives Training	38
3.3 Untersuchungs- und Auswertungsverfahren	42
3.3.1 Screening	42
3.3.2 Bewegungsanamnese	43
3.3.3 Belastungsuntersuchung	43
3.3.4 Kognitive Testung	48
3.3.5 Arztgespräch	49
3.3.6 Allgemeine Untersuchung	49
3.3.7 Magnetresonanztomographie und Hippocampusvolumetrie	50
3.3.8 Statistische Auswertung	57
4 Ergebnisse	59
4.1 Probanden	59
4.2 Intervention	62
4.2.1 Ausdauertraining	62

4.2.2	Tischfußballtraining	63
4.2.3	Evaluation der Intervention	64
4.2.4	Kognitives Training	64
4.3	Untersuchungen	68
4.3.1	Bewegungsanamnese: Aktivitätsdauer und Bewegungsgewohnheiten	68
4.3.2	Belastungsuntersuchung: Ausdauerleistungsfähigkeit	77
4.3.3	Arztgespräch: Funktionsniveau und Krankheitsschwere	98
4.3.4	Allgemeine Untersuchung: Körpermasse und Rauchgewohnheiten	99
4.3.5	Allgemeine Untersuchung: Analyse der Medikation	101
4.3.6	Magnetresonanztomographie: Hippocampusvolumen	105
5	Diskussion	113
5.1	Diskussion von Veränderungen der Ausdauerleistungsfähigkeit unter Einbezug von Bewegungsanamnesedaten	113
5.2	Diskussion von Veränderungen des allgemeinen psychosozialen Funktionsniveaus	124
5.3	Diskussion von Veränderungen der hippocampalen Volumina	126
5.4	Hypothesenprüfung	135
5.5	Ausblick auf mögliche durch andere Arbeitsbereiche und zukünftige Forschung zu überprüfende Trainingswirkungen	137
5.6	Schlussfolgerungen für die Entwicklung eines Sport- und Bewegungstherapiemodells	140
6	Schlussfazit	147
7	Literaturverzeichnis	149
A	Anhang	167

Abbildungsverzeichnis

2.1	Überblick über den Hippocampus anhand von drei Abbildungen aus Duvernoy (2005)	12
2.2	Veränderung der Hippocampusvolumina über den Verlauf der 1-Jahres-Intervention bei Erickson et al. (2011)	15
2.3	Diagramm und mikroskopische Darstellung zu Neurogenese im Tiermodell aus Pereira et al. (2007)	16
3.1	Gruppen der Studie „Exercise II“	29
3.2	Zeitlicher Studienverlauf für einen Probanden	29
3.3	Fotos des Trainingsraums der Ausdauerintervention	33
3.4	Fotos des Tischfußballgerätes	37
3.5	Exemplarische Screenshots der Übung „Augenzeuge“ aus der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)	41
3.6	Versuchsablauf und -aufbau der Belastungsuntersuchungen	44
3.7	Lage und Ausrichtung des Hippocampus in Bezug auf Schnittebenen und Lagebezeichnungen	52
3.8	Screenshots vom roten Hippocampuslabel in der sagittalen Ansicht bezüglich der Verfahrensweise bei der Einbindung der weißen Substanz an der superioren Labelgrenze mit Alveus und Fimbria	54
3.9	Screenshot vom roten Hippocampuslabel bezüglich der Verfahrensweise am posterioren Ende	54
3.10	Screenshot vom roten Hippocampuslabel bezüglich der Verfahrensweise bei der Trennung von Hippocampus und Amygdala anhand des Alveus	55
3.11	Screenshot vom roten Hippocampuslabel bezüglich der Verfahrensweise an der inferomedialen Grenze	56
4.1	Herzfrequenzverläufe verschiedener Patienten beim Tischfußballspielen	64
4.2	Graphische Darstellung der Trainingsfortschritte beim kognitiven Training für die Ausdauergruppen	67
4.3	Graphische Darstellung der Trainingsfortschritte beim kognitiven Training für die Tischfußball-Patientengruppe	67
4.4	Balkendiagramm der wöchentlichen Bewegungsdauer aus den Patientenangaben der Bewegungsanamnesegespräche bei Visite 1 aufgeteilt in berufstätige und nicht berufstätige Studienteilnehmer für alle Gruppen	72

4.5	Balkendiagramme der Häufigkeiten der im Bewegungsanamnesege- spräch genannten Aktivitäten für die Ausdauer-Patientengruppe, die Tischfußball-Patientengruppe und die gesunde Kontrollgruppe von Visi- te 1 bis 5	74
4.6	Balkendiagramm der Anzahl der Studienteilnehmer, die zum Zeitpunkt der Visite 1 die WHO-Kriterien erfüllten oder nicht erfüllten	75
4.7	Graphische Darstellung der Interaktionseffekte für die in den Belastungs- untersuchungen der Visite 1 und 3 maximal erreichte Leistung	83
4.8	Graphische Darstellung der unterschiedlichen Veränderungen der Leis- tungen bei festgelegten Laktatkonzentrationen aus den Belastungsunter- suchungen der Visite 1 und 3 für die Ausdauergruppen	84
4.9	Balkendiagramm der in den Belastungsuntersuchungen der Visite 1 und Visite 3 maximal erreichten Leistung in Watt für alle Gruppen unterteilt nach Geschlecht	84
4.10	Balkendiagramm der in den Belastungsuntersuchungen der Visite 3 und Visite 4 maximal erreichten Leistung in Watt für alle Gruppen unterteilt nach Geschlecht	85
4.11	Balkendiagramm der in den Belastungsuntersuchungen der Visite 4 und Visite 5 maximal erreichten Leistung in Watt für die Ausdauergruppen unterteilt nach Geschlecht	85
4.12	Balkendiagramm der Physical Working Capacity 130 (<i>PWC130</i>) in Watt in den Belastungsuntersuchungen der Visite 1, 3 und 4 für alle Gruppen	86
4.13	Balkendiagramm der Physical Working Capacity 150 (<i>PWC150</i>) in Watt in den Belastungsuntersuchungen der Visite 1, 3 und 4 für alle Gruppen	86
4.14	Balkendiagramm der Leistung in Watt bei 2 mmol/l Laktatkonzentration in den Belastungsuntersuchungen der Visite 1, 3 und 4 für alle Gruppen .	87
4.15	Balkendiagramm der Leistung in Watt bei 3 mmol/l Laktatkonzentration in den Belastungsuntersuchungen der Visite 1, 3 und 4 für alle Gruppen .	87
4.16	Übersicht über die prozentualen Veränderungen exemplarischer Variablen in der individuellen Auswertung der einzelnen Patienten der Ausdauer- Patientengruppe für alle Zeitpunkte	95
4.17	Übersicht über die prozentualen Veränderungen exemplarischer Variablen in der individuellen Auswertung der einzelnen Probanden der gesunden Ausdauergruppe für alle Zeitpunkte	96
4.18	Übersicht über die prozentualen Veränderungen exemplarischer Variablen in der individuellen Auswertung der einzelnen Patienten der Tischfußball- Patientengruppe für alle Zeitpunkte	97
4.19	Balkendiagramm des durchschnittlichen linken Hippocampusvolumens in mm ³ der Visite 1, 2 und 3 für alle Gruppen	107
4.20	Balkendiagramm des durchschnittlichen rechten Hippocampusvolumens in mm ³ der Visite 1, 2 und 3 für alle Gruppen	108
4.21	Übersicht über die prozentualen Veränderungen der Volumina der rechten und linken Hippocampi in der individuellen Auswertung der einzelnen Probanden für alle Gruppen für die Zeitpunkte Visite 1 und 3	109

A.1	Schematische Übersicht unterschiedlicher Erkrankungsverläufe aus Falkai (2003) S. 40	169
A.2	Ein- und Ausschlusskriterien aus Falkai (31.08.2009) S. 13	170
A.3	Im Training und bei den Belastungsuntersuchungen verwendete Skala für die Abfrage des Anstrengungsempfindens (RPE-Skala, Rating of Perceived Exertion) nach Borg und Noble (1974)	171
A.4	Protokollbogen zur Trainingsdokumentation in der Ausdauerintervention (Vorlage)	173
A.5	Protokollbogen zur Trainingsdokumentation in der Tischfußballintervention (Vorlage)	175
A.6	Fotos des Raums und der Geräte des kognitiven Trainings	176
A.7	Screenshots der Übung „Merken“ (Variante: Namen 4er-Packs) aus der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)	176
A.8	Screenshots der Übung „Route“ aus der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)	177
A.9	Screenshots der Übung „Merken“ (Variante: Formen 3er-Packs) aus der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)	177
A.10	Screenshots der Übung „Schilderwald“ aus der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)	178
A.11	Screenshots der Übung „Merken“ (Variante: Einkaufsliste einzeln) aus der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)	178
A.12	Screenshots der Übung „Labyrinth“ aus der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)	179
A.13	Screenshots der Übung „Neu oder nicht“ aus der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)	179
A.14	Screenshots der Übung „Merken“ (Variante: Namensliste 1 Page) aus der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)	180
A.15	Screenshots der Übung „Folge“ aus der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)	180
A.16	Screenshots der Übung „Bildarchiv“ aus der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)	181
A.17	Anamnesebogen zur Bewegungsanamnese der Visite 1 (Vorlage)	182
A.18	Evaluationsbogen der Visite 3 (Vorlage)	183
A.19	Evaluationsbogen der Visite 4 (Vorlage)	184
A.20	Beispiel für einen sehr flachen Herzfrequenzanstieg (<i>HR</i>) in der Belastungsuntersuchung zur Veranschaulichung der Schwierigkeiten bei der Erhebung der <i>PWC150</i> - und <i>PWC170</i> -Werte	186
A.21	CGI-Vorlage aus der Case Report Form (Clinical Global Impressions nach Guy (1976, S. 218))	186
A.22	GAF-Vorlage aus der Case Report Form (Skala zur Erfassung des allgemeinen Funktionsniveaus nach Saß, Wittchen, Zaudig und Houben (2003, S. 24f))	187

A.23 Tortendiagramm der alltäglichen Wege per Rad oder zu Fuß der TK-Studie zum Bewegungsverhalten der Deutschen aus Techniker Krankenkasse (2013, S. 9)	188
A.24 Aufbau der Materialien in der Halle zur exemplarischen Einheit des Rehabilitationssports für Schizophrenie	212
A.25 Stundenverlaufsplan für eine exemplarische Einheit des Rehabilitationssport für Schizophrenie	213

Tabellenverzeichnis

2.1	Theoretisch mögliche Trainingswirkungen und Zielbereiche bei Schizophreniepatienten auf verschiedenen Ebenen	18
2.2	Theoretisch mögliche Trainingswirkungen auf den Hippocampus und Zielbereiche bei Schizophreniepatienten auf der Ebene des Gehirns . .	19
2.3	Übersicht über Studien aus den Jahren 2010 bis 2014, die leistungsdagnostische Verfahren zur Messung der körperlichen Leistungsfähigkeit für die Untersuchung von Veränderungen durch eine Intervention bei Schizophreniepatienten einsetzten	22
2.4	Übersicht über die angewandten Interventionen der analysierten Studien aus den Jahren 2010 bis 2014, die eine Intervention mit einer Form der körperlichen Aktivität bei Schizophreniepatienten anwendeten	23
3.1	Zeitlicher Ablauf der Intervention	31
3.2	Reihenfolge der Übungen des kognitiven Trainings mit der Aufzählung der Varianten und den Indikationen aus dem Textbuch der Übindikationen, das in der Software zur Verfügung steht (marker software, 2011)	40
3.3	Zeitlicher Ablauf der Untersuchungen zu den verschiedenen Zeitpunkten (Visiten)	42
3.4	Grenzen des Hippocampus nach Konrad et al. (2009, S.1189ff) und praktische Vorgehensweise in der manuellen Bearbeitung (CSF = Zerebrospinalflüssigkeit)	53
4.1	Aufführung der Teilnehmerzahlen nach Gruppe und Zeitpunkt und Reduktion durch Dropouts	59
4.2	Charakterisierung der Interventionsgruppen	61
4.3	Ergebnisse des Ausdauertrainings	62
4.4	Ergebnisse des Tischfußballtrainings	63
4.5	Ergebnisse des kognitiven Trainings	65
4.6	Ergebnisse der Bewegungsanamnese bezüglich der körperlichen Aktivität der Probanden in Alltag, Sport und Sporttherapie sowie im Beruf für den Interventionszeitraum	69
4.7	Ergebnisse der Bewegungsanamnese bezüglich der körperlichen Aktivität der Probanden in Alltag, Sport und Sporttherapie sowie im Beruf für den Zeitraum Visite 3 bis 4	70
4.8	Ergebnisse der Bewegungsanamnese bezüglich der körperlichen Aktivität der Probanden in Alltag, Sport und Sporttherapie sowie im Beruf für den Zeitpunkt Visite 5	71

4.9	Verteilung von Sportlern und Nichtsportlern	76
4.10	Ergebnisse der Bewegungsanamnese bezüglich der wahrgenommenen Änderungen der Bewegungsgewohnheiten	77
4.11	Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen im Vergleich von Visite 1 und Visite 3	78
4.12	Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen im Vergleich von Visite 3 und Visite 4	80
4.13	Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen im Vergleich von Visite 4 und Visite 5	81
4.14	Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen bezüglich der maximal er- reichten Werte im Vergleich von Visite 1 und 3	89
4.15	Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen bezüglich der maximal er- reichten Werte im Vergleich von Visite 3 und 4	90
4.16	Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen bezüglich der maximal er- reichten Werte im Vergleich von Visite 4 und 5	91
4.17	Tabellarische Auflistung der <i>p</i> -Werte aus den Gruppenvergleichen der Parameter der Belastungsuntersuchungen für den Zeitraum Visite 1 - 5	92
4.18	Zusammenstellung der wichtigsten Zeitabstände für die Belastungsunter- suchungen und Bewegungsanamnesegespräche	98
4.19	Der Global Assessment of Functioning-Score (GAF) als ausgewähltes Ergebnis der Arztgespräche für die beiden Patientengruppen im Vergleich von Visite 1, 2 und 3	98
4.20	Ausgewählte Ergebnisse der allgemeinen Untersuchung im Vergleich von Visite 1, 2 und 3	100
4.21	Ausgewählte Ergebnisse der allgemeinen Untersuchung im Vergleich von Visite 3 und 4	100
4.22	Ausgewählte Ergebnisse der allgemeinen Untersuchung für die Ausdauer- gruppen im Vergleich von Visite 4 und 5	101
4.23	Darstellung der Medikation für die Patientengruppen im Vergleich von Visite 1, 2 und 3	102
4.24	Darstellung der Medikation für die Patientengruppen im Vergleich von Visite 3 und 4	102
4.25	Tabellarische Darstellung der Wirkstoffe der verwendeten Medikamente mit Angaben zum Einfluss auf das Herz-Kreislauf-System und zu den absoluten Häufigkeiten der Einnahme während der Intervention	103
4.26	Ergebnisse der Hippocampusvolumetrie für die Interventionsgruppen im Vergleich von Visite 1, 2 und 3	106
4.27	Ergebnisse der Hippocampusvolumetrie für die Interventionsgruppen im Vergleich von Visite 1 und 3	106
4.28	Zusammenstellung der relevanten Korrelationen der hippocampalen Vo- lumina	110
4.29	Erneute Darstellung der Ergebnisse der Hippocampusvolumetrie für die Interventionsgruppen im Vergleich von Visite 1, 2 und 3 unter Ausschluss der Probanden, bei denen das V3-MRT länger als 14 Tage zeitlichen Abstand zum Trainingsende hatte	111

4.30 Erneute Darstellung der Ergebnisse der Hippocampusvolumetrie für die Interventionsgruppen im Vergleich von Visite 1 und 3 unter Ausschluss der Probanden, bei denen das V3-MRT länger als 14 Tage zeitlichen Abstand zum Trainingsende hatte	112
4.31 Aufstellung der wichtigsten Zeitabstände für die MRT-Untersuchungen .	112
5.1 Mögliche Einflussfaktoren auf Neurogenese oder Hippocampusvolumina bzw. Volumenänderungen	129
A.1 Übersicht über die Mitarbeiter der Studie	167
A.2 Praktische Mitarbeit der Autorin (K. K.) an der Studie	168
A.3 Standardvorgehensweise bei Trainingseinheiten der Ausdauergruppen .	172
A.4 Standardvorgehensweise bei Trainingseinheiten der Tischfußballgruppe	174
A.5 Standardvorgehensweise bei den Belastungsuntersuchungen	185
A.6 Chlorpromazin-Äquivalenzdosis und Umrechnungsfaktoren nach Möller, Müller und Volz (2000); Möller, Müller und Bandelow (2001); Woods (2003); Benkert und Hippus (2013)	188
A.7 Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen im Vergleich von Visite 1 bis Visite 5 für zwei ausgewählte Patienten der Ausdauergruppe	189
A.8 Maximal in den Belastungsuntersuchungen erreichte Leistung und Sauerstoffaufnahme im Vergleich für Visite 1 bis Visite 5 ohne Berücksichtigung der Ausbelastung	190
A.9 Zusammenstellung der Korrelationen der Parameter der Belastungsuntersuchungen bezüglich der Zusammenhänge mit Geschlecht, Alter und Körpermasse für den Zeitraum Visite 1 bis 5	192
A.10 Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen im Vergleich von Visite 1 und Visite 3 unter Einbezug des Alters als Kovariate	193
A.11 Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen im Vergleich von Visite 3 und Visite 4 unter Einbezug des Alters als Kovariate	194
A.12 Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen im Vergleich von Visite 4 und Visite 5 für die Ausdauergruppen unter Einbezug des Alters als Kovariate	196
A.13 Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen im Vergleich von Visite 1 und Visite 3 für die Männer	197
A.14 Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen im Vergleich von Visite 3 und Visite 4 für die Männer	199
A.15 Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen im Vergleich von Visite 4 und Visite 5 für die Männer	200
A.16 Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen im Vergleich von Visite 1 und Visite 3 für die Frauen	202
A.17 Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen im Vergleich von Visite 3 und Visite 4 für die Frauen	203
A.18 Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen im Vergleich von Visite 4 und Visite 5 für die Frauen	204
A.19 Relative Werte für Physical Working Capacity, Sauerstoffaufnahme und Leistung im Vergleich von Visite 1 und 3	205

A.20 Relative Werte für Physical Working Capacity, Leistung bei 4 mmol/l Laktatkonzentration, Sauerstoffaufnahme und Leistung im Vergleich von Visite 3 und 4	206
A.21 Relative Werte für Physical Working Capacity, Leistung bei 4 mmol/l Laktatkonzentration, Sauerstoffaufnahme und Leistung im Vergleich von Visite 4 und 5	207
A.22 Zusammenstellung der Korrelationen der Parameter der Belastungsuntersuchungen bezüglich der Einflüsse von objektiver Ausbelastung und Anstrengung (<i>RPE</i> -Wert) für den Zeitraum Visite 1 bis 5	208
A.23 Ergebnisse der Hippocampusvolumetrie für die Männer im Vergleich von Visite 1, 2 und 3	209
A.24 Ergebnisse der Hippocampusvolumetrie für die Frauen im Vergleich von Visite 1, 2 und 3	209

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BDNF	brain-derived neurotrophic factor (gehirnbezogener neurotropher Faktor)
BISp	Bundesinstitut für Sportwissenschaft
BMI	Body-Mass-Index (Körpermasseindex)
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CBF	cerebral blood flow (zerebraler Blutfluss)
CBV	cerebral blood volume (zerebrales Blutvolumen)
CGI	Clinical Global Impression
CPZ	Chlorpromazin
Cr	Kreatin
CSF	cerebrospinal fluid (Zerebrospinalflüssigkeit)
DDR	Deutsche Demokratische Republik
d. h.	das heißt
DISC 1	Disrupted-in-Schizophrenia 1 (Gen)
DNA	Desoxyribonukleinsäure
DTI	diffusion tensor imaging (Diffusions-Tensor-Bildgebung)
et al.	et alii
evtl.	eventuell
f.	folgende Seite
ff.	folgende Seiten
fMRT	funktionelle Magnetresonanztomographie
FoV	Bildfeld
GA 1	Grundlagenausdauertraining 1
GAF	Global Assessment of Functioning
HCl	Hydrochlorid
HIT	hochintensives Intervall-Training
HR	heart rate (Herzfrequenz)
ICD-10	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, 10. Revision
IGF-1	insulin-like growth factor (insulinähnlicher Wachstumsfaktor)
KW	Kalenderwoche
LTP	long-term potentiation (Langzeitpotentierung)
max.	maximal/er/e/s
M.I.N.I.	Mini-International Neuropsychiatric Interview
mRNA	messenger ribonucleic acid (Boten-Ribonukleinsäure)

MRS	Magnetresonanztomographie
MRT	Magnetresonanztomographie
MTA	Medizinisch Technische/r Assistent/in
NAA	N-Acetylaspartat
n. e.	nicht erreicht
n. v.	nicht vorhanden
obj.	objektiv/e/er/es
PANSS	Positive and Negative Syndrome Scale
PET	Positronenemissionstomographie
POMC	Proopiomelanocortin (Gen)
RPE	Rating of Perceived Exertion (Bewertung des subjektiven Anstrengungsempfindens)
RWT	Regensburger Wortflüssigkeitstest
S.	Seite
s.	siehe
SANS	Scale for Assessment of Negative Symptoms
SAS II	Social Adjustment Scale
s. o.	siehe oben
SOFS	Social Occupational Functioning Scale
s. u.	siehe unten
TA	Akquisitionszeit
Tab.	Tabelle
TE	im Trainingskontext: Trainingseinheit/en; im MRT-Kontext: Echozeit
TI	Inversionszeit
TMT	Trail Making Test
TR	Repetitionszeit
u.	und
u. Ä.	und Ähnliche/s
u. a.	und andere/s
UCP 2	Uncoupling protein 2 (Gen)
V	Visite
VEGF	vascular endothelial growth factor
vgl.	vergleiche
VLMT	Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest
WCST	Wisconsin Card Sorting Test
WHO	World Health Organization
z. B.	zum Beispiel
ZNS	Zentrales Nervensystem

Formelzeichenverzeichnis

In der Studie Exercise II verwendete Formelzeichen

<i>A</i>	Alter	Jahre
$\dot{A}\ddot{A}_{CO_2}$	Atemäquivalent CO_2 ($\dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2}$)	
$\dot{A}\ddot{A}_{O_2}$	Atemäquivalent O_2 ($\dot{V}_E/\dot{V}_{O_2}$)	
<i>AR</i>	Atemfrequenz	1/min
<i>BMI</i>	Body-Mass-Index	kg/m ²
<i>E</i>	Energieumsatz	kcal/min oder W
η	Wirkungsgrad ($(P/E) \cdot 100$)	%
<i>HR</i>	Herzfrequenz	1/min
HR_{mean}	durchschnittliche Herzfrequenz	1/min
HR_{max}	maximale erreichte Herzfrequenz (Einzelwert)	1/min
<i>ICC</i>	Intraklassen-Korrelationskoeffizient	
<i>La</i>	Laktatkonzentration	mmol/l
<i>n</i>	Probandenzahl	
<i>p</i>	p-Wert, Signifikanzwert	
<i>P</i>	Leistung	W
P_{La_2}	Leistung bei einer Laktatkonzentration von 2 mmol/l	W
P_{La_3}	Leistung bei einer Laktatkonzentration von 3 mmol/l	W
P_{La_4}	Leistung bei einer Laktatkonzentration von 4 mmol/l	W
<i>PWC</i>	Physical Work Capacity	W
<i>PWC130</i>	Physical Work Capacity 130 (Leistung bei einer Herzfrequenz von 130)	W
<i>PWC150</i>	Physical Work Capacity 150 (Leistung bei einer Herzfrequenz von 150)	W

<i>PWC170</i>	Physical Work Capacity 170 (Leistung bei einer Herzfrequenz von 170)	W
<i>RQ</i>	Respiratorischer Quotient	
<i>r</i>	Korrelationskoeffizient (Pearson)	
ρ	Korrelationskoeffizient (Spearman-Rho)	
<i>RPE</i>	Anstrengungsempfinden (Rating of Perceived Exertion) nach (Borg & Noble, 1974)	Pkt.
<i>RR</i>	Blutdruck	mmHg
<i>RQ</i>	Respiratorischer Quotient ($\dot{V}_{CO_2}/\dot{V}_{O_2}$)	
τ	Korrelationskoeffizient (Kendall-Tau-b)	
<i>U</i>	Trittfrequenz	1/min
$\dot{V}_{CO_2}$	Kohlenstoffdioxidabgabe	l/min
V_E	expiratorisches Atemvolumen	l
$\dot{V}_E$	expiratorisches Atemminutenvolumen	l/min
$\dot{V}_{O_2}$	Sauerstoffaufnahme	l/min
$\dot{V}_{O_2}/HR$	Sauerstoffaufnahme-Herzfrequenz-Quotient	ml
V_T	Atemvolumen	l
$\dot{V}_T$	Atemminutenvolumen	l/min

Erklärung der Formelzeichen aus Scheewe, Takken, Kahn, Cahn und Backx (2012, S.1834)

HR	Herzfrequenz	1/min
RER	Respiratorischer Quotient	
$\dot{V}_{O_{2peak}}$	im Test maximal erreichte Sauerstoffaufnahme	l/min
W_{peak}	im Test maximal erreichte Leistung	W

Einheitenverzeichnis

mo	Monat
wk	Woche
Std.	Stunde
min	Minute
s	Sekunde
W	Watt
kcal	Kilokalorie
mmol/l	Millimol pro Liter
Pkt.	Punkte
l	Liter
ml	Milliliter
m	Meter
mm	Millimeter
mm ³	Kubikmillimeter
%	Prozent
Vol.-%	Volumenprozent
kg	Kilogramm
mg	Milligramm
°C	Grad Celsius

1 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit ist die sportwissenschaftliche Untersuchung von Ausdauertraining als mögliche zukünftige Ergänzung des Gesamttherapieplans von Schizophreniepatienten. Bereits bei Gesunden erforschte Wirkungen von Ausdauertraining sind pathologischen Veränderungen bei der Erkrankung Schizophrenie entgegengesetzt oder können dazu beitragen, Folgen der Erkrankung zu kompensieren. Schizophreniepatienten haben einen passiveren Lebensstil als Gesunde und eine verminderte körperliche Leistungsfähigkeit. Durch ein systematisches Training kann bei Gesunden die Leistungsfähigkeit gesteigert werden und körperlichen, mit Bewegungsmangel verknüpften Erkrankungen vorgebeugt werden. Im Tierversuch und einigen Studien mit älteren Probanden wurde demonstriert, dass körperliche Aktivität die Neurogenese im Hippocampus fördert und zu Vergrößerungen der hippocampalen Volumina führt. Bei Schizophrenie liegen zahlreiche Befunde für pathologische, atrophische Veränderungen des Hippocampus vor. In bisher durchgeführten Studien werden positive Effekte von Bewegungsprogrammen auf die Schizophrenie-Symptomatik berichtet, die Ausdauerleistungsfähigkeit wird allerdings nur selten untersucht. Nur einzelne Studien mit widersprüchlichen Ergebnissen setzten magnetresonanztomographische Untersuchungen des Gehirns ein, um strukturelle und funktionelle Veränderungen als Reaktionen auf Ausdauertraining feststellen zu können. Die Pilotstudie „Exercise I“ (Pajonk et al., 2010) liefert hier wichtige erste Erkenntnisse: Bei einer kleinen Probandenzahl konnten nach 12-wöchigem aeroben Ausdauertraining auf Radergometern sowohl bei Schizophreniepatienten als auch Gesunden signifikante hippocampale Volumenzunahmen festgestellt werden. Mit der Studie „Exercise II“ soll nun die trainingswissenschaftliche Fragestellung beantwortet werden, ob die Anpassungen an Ausdauertraining in Kombination mit kognitivem Training positiven Einfluss auf die Erkrankung Schizophrenie haben. Hierbei werden die Veränderungen der Ausdauerleistungsfähigkeit, der hippocampalen Volumina und des Funktionsniveaus betrachtet. Des Weiteren gilt es zu untersuchen, ob Schizophreniepatienten und Gesunde ähnlich auf die Ausdauertrainingsreize reagieren. Außerdem wird das durchgeführte Training auf Eignung als zusätzliches therapeutisches Angebot diskutiert.

Hierzu nahmen im Rahmen der kontrollierten Interventionsstudie „Exercise II“ 25 Schizophreniepatienten und 27 gesunde Kontrollprobanden an einem sportwissenschaftlich angeleiteten 12-wöchigen Ausdauertraining teil. 25 Schizophreniepatienten bildeten eine zweite Patientengruppe, die als Kontrollintervention Tischfußball spielte. In beiden Interventionen wurden pro Woche 3 halbstündige Einheiten angeboten und an 2 Terminen wöchentlich in der zweiten Hälfte der Interventionsphase mit einem computergestützten kognitiven Training kombiniert. Bei den Ausdauergruppen wurde ein

Radergometer-Training im vorwiegend aeroben Stoffwechselbereich mit der kontinuierlichen Dauermethode eingesetzt. Die individuelle Steuerung der Trainingsintensität erfolgte über die Laktatkonzentration. Vor Interventionsbeginn, nach der Hälfte der Interventionsphase, am Ende der Intervention sowie 3 und 9 Monate später fanden Untersuchungen statt. Diese bestanden in einem Bewegungsanamnesegespräch und einer stufenförmigen Belastungsuntersuchung bis zur subjektiven Erschöpfung auf einem Fahrradergometer mit Messung von Parametern der Atmung, der Herzfrequenz, der Laktatkonzentration und des Anstrengungsempfindens. Außerdem wurden in Arztgesprächen Daten zur Krankheits- und Symptomschwere sowie zum Funktionsniveau erhoben und neuropsychologische Untersuchungen zur Erfassung der kognitiven Leistungsfähigkeit durchgeführt. Aus strukturellen magnetresonanztomographischen Untersuchungen konnten mittels semiautomatischer Segmentierung die hippocampalen Volumina bestimmt werden.

22 Schizophreniepatienten und 23 gesunde Kontrollprobanden schlossen die Ausdauerintervention mit einer durchschnittlichen Anwesenheit von 92 % ab. 21 Schizophreniepatienten beendeten die Tischfußballintervention mit einer durchschnittlichen Anwesenheit von 93 %. Die durchschnittlichen Herzfrequenzen im Training lagen bei 125 ± 13 Schlägen pro Minute bei der Ausdauer-Patientengruppe, 129 ± 13 Schlägen pro Minute bei der gesunden Kontrollgruppe und 103 ± 10 Schlägen pro Minute bei der Tischfußball-Patientengruppe. Die durchschnittliche Laktatkonzentration lag bei beiden Ausdauergruppen bei 1,9 mmol/l und bei der Tischfußballgruppe bei 1,2 mmol/l. Die Interventionen waren beide unter Voraussetzung einer flexiblen Terminvereinbarung und individuellen Betreuung durchführbar und wurden von den Studienteilnehmern positiv bewertet. Bei der Analyse des Bewegungsverhaltens der Studienteilnehmer wurde deutlich, dass die Teilnehmer der Ausdauergruppen während der Interventionsphase ihre Bewegungsaktivität und Sportausübung außerhalb der Studie reduzierten ($p \leq 0,030$). Nach Abschluss der Intervention kam es zu einem leichten Anstieg der Anzahl der sporttreibenden Probanden, gefolgt von einem erneuten Abfall nach 3 Monaten Leben ohne Intervention. Obwohl 60 % der Patienten der Ausdauergruppe Interesse an einer Fortführung sporttherapeutischer Angebote äußerten, konnte nur in zwei Ausnahmen ein Ausdauertrainingsreiz systematisch und eigenorganisiert aufrecht erhalten werden. Die Ausdauerleistungsfähigkeit nahm in beiden Ausdauertrainingsgruppen beim Vergleich von Vor- zu Nachuntersuchung zu, wobei erhebliche interindividuelle Unterschiede feststellbar waren. Dies zeigte sich in signifikanten Zunahmen der Physical Working Capacity und der maximal im Test erreichten Leistung um 9 bis 16 % bei der Patienten-Ausdauergruppe und 6 bis 12 % bei der gesunden Kontrollgruppe ($p \leq 0,015$). Bei diesen Parametern glichen sich die Trainingsanpassungen der gesunden und erkrankten Studienteilnehmer, wenn auch die Patienten ein signifikant niedrigeres Leistungsniveau auswiesen. Signifikante Leistungssteigerungen bei Parametern des Laktatstoffwechsels waren nur bei der gesunden Kontrollgruppe festzustellen ($p \leq 0,019$). Das mit der Global Assessment of Functioning-Skala von den Studienärzten eingeschätzte allgemeine psychosoziale Funktionsniveau nahm in der Patienten-Ausdauergruppe im Gegensatz zur Tischfußballgruppe signifikant um ca. 10 Punkte zu ($p = 0,003$). Die Hippocampusvolumina zeigten bei keiner Gruppe die erwarteten signifikanten Zunahmen. Während der Intervention waren die Volumina leichten Schwankungen unterworfen, im Ganzen

ergab sich ein leichter Volumenrückgang bei den Patientengruppen und eine leichte Zunahme bei der gesunden Kontrollgruppe. Die Gruppenunterschiede erreichten trotz durchschnittlich 4 % kleineren Hippocampi der Patienten im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe keine statistische Signifikanz.

Neben diesen gewonnenen Erkenntnissen in den Bereichen Bewegungsverhalten, Ausdauerleistungsfähigkeit, Funktionsniveau und Hippocampusvolumen erlaubt die Kombination von pathologischen Aspekten der Schizophrenie und zu erwartenden Wirkungen von Ausdauertraining die Hoffnung auf eine Vielzahl weiterer positiver Einflussnahmemöglichkeiten auf die Erkrankung. Die erzielten Leistungssteigerungen, die erwiesene Durchführbarkeit und die positiven subjektiven Reaktionen der Patienten lassen die weitere Erprobung eines sport- oder bewegungstherapeutischen Konzepts zur Implementierung des Trainings in die alltägliche Versorgung von Patienten sinnvoll erscheinen. Die Studienintervention lieferte hier wertvolle Hinweise, wie ein Training gestaltet sein könnte, das dann z. B. im Rahmen des Rehabilitationssports zum Einsatz kommen könnte. Um eine dauerhafte Sportpartizipation und einen aktiveren Lebensstil zu erreichen, ist die Einführung besonderer phasenspezifischer Trainingsprogramme notwendig, die sich an Trainingsprinzipien, den Besonderheiten der Erkrankung sowie den individuellen Voraussetzungen des Einzelnen orientieren und sich durch eine regelmäßige, kontrollierte Durchführung mit kontinuierlicher Betreuung auszeichnen.

Die weitere Aufklärung der Einflüsse von Training, Sport und Bewegung bei Schizophrenie ebenso wie die praktische Erprobung eines Sporttherapie-Modells werden Themen der weiteren Forschung sein.

2 Einleitung

Die Idee des Initiators Falkai (31.08.2009) zur Untersuchung der Zusammenhänge von Ausdauertraining und Schizophrenie lässt sich anhand zweier Forschungsergebnisse nachvollziehen: Ein Bestandteil der Pathologie der Schizophrenie sind Volumenreduktionen der Hippocampi, bilateraler Gehirnstrukturen mit funktioneller Bedeutung für das Gedächtnis. Tierexperimentell konnte gezeigt werden, dass körperliche Aktivität zu Veränderungen im Hippocampus im Sinne einer Förderung der Plastizität führt (z. B. van Praag, Christie, Sejnowski & Gage, 1999). Adulte Neurogenese im Bereich des Hippocampus ist auch beim Menschen möglich (z. B. Eriksson et al., 1998).

Zum Zeitpunkt der Ideenfindung gab es keine Studien zu Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf das Hippocampusvolumen bei Schizophreniepatienten, wohl aber Anhaltspunkte dafür, dass körperliche Aktivität bei psychiatrischen Erkrankungen positive Effekte hat. Die genauen Wirkmechanismen gilt es noch immer aufzuklären. Die Ergebnisse der Vorgängerstudie „Exercise I“ bestätigten die Hypothese einer Hippocampusvolumenzunahme durch Ausdauertraining bereits anhand einer kleinen Patientenzahl (Pajonk et al., 2010).

Nachdem körperliche Aktivität bei anderen Erkrankungen bereits therapeutisch eingesetzt wird, soll mit der vorliegenden Arbeit überprüft werden, ob und wie auch Schizophreniepatienten von einem sporttherapeutischen Konzept profitieren und welche Wirkungen im Hippocampus durch das Training erzielt werden können.

Hierzu wurde die kontrollierte Interventionsstudie „Exercise II“ mit drei Gruppen durchgeführt, in der Schizophreniepatienten ($n = 51$) und gesunde Kontrollprobanden ($n = 27$) ein Ausdauertraining über 12 Wochen durchführten oder Tischfußball spielten – beides in der Kombination mit kognitivem Training. Erfasst wurden Parameter aus verschiedenen Forschungsbereichen, aus denen in der vorliegenden Arbeit die Ergebnisse der Intervention, der Bewegungsanamnesegespräche, der sportmedizinischen Leistungsdiagnostik und der strukturellen magnetresonanztomographischen Untersuchung des Hippocampus dargestellt werden. Ergänzt werden diese Ergebnisse durch Daten zum allgemeinen psychosozialen Funktionsniveau, die in Arztgesprächen erhoben wurden. Dies ermöglicht die trainingswissenschaftliche Analyse der Wirkungen der Intervention auf Ausdauerleistungsfähigkeit und Hippocampusvolumen bei Patienten und Gesunden, aber auch die Untersuchung des Trainingsreizes selbst sowie der Bewegungsgewohnheiten der Studienteilnehmer. Nicht zuletzt gibt die Beurteilung des Funktionsniveaus Auskunft über mögliche Veränderungen in weiteren Zielbereichen.

Die Studie wurde in Zusammenarbeit der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie und des Schwerpunkts Rehabilitations- und Sportmedizin der Universitätsmedizin Göttingen durchgeführt. Eine Auflistung der praktischen Tätigkeiten der Autorin, die über ein Dorothea Schlözer-Stipendium finanziert wurde, findet sich im Anhang (s. Tabelle A.2). Arbeitsschritte, die nicht von der Autorin selbst vorgenommen wurden, sind im Text mit den jeweiligen Initialen des Verantwortlichen gekennzeichnet, die in einer Mitarbeiterliste aufgeführt werden (s. Tabelle A.1 im Anhang).

Auf eine Analyse der Voraussetzungen der Zielgruppe, der zu erwartenden Trainingswirkungen und der aktuellen Literatur folgt die detaillierte Beschreibung der Methodik, die Präsentation der einzelnen Ergebnisse und die anschließende Diskussion im Rahmen einer überwiegend trainingswissenschaftlichen Interpretation. Mit Schlussfolgerungen für die Praxis zur Nutzung relevanter Ergebnisse in zukünftigen Forschungsprojekten und in der Erprobung sporttherapeutischer Konzepte schließen die Ausführungen.

2.1 Theoretischer Hintergrund

Wie kann mit körperlicher Aktivität, Bewegung oder Sport eine gesundheitsfördernde oder therapeutische Wirkung erzielt werden? Große Metaanalysen wie die der World Health Organization (WHO) versuchen hier eine Antwort zu geben (World Health Organization, 2010). Die Einführung von zahlreichen Herz-Sportgruppen beweist für Herz-Kreislauf-Erkrankungen den Erfolg sporttherapeutischer Konzepte (Heran et al., 2011).

Die folgenden Abschnitte liefern theoretische Überlegungen zu der Fragestellung, warum ein sporttherapeutisches Konzept auch bei Schizophrenie vielversprechend sein kann und welche Art des Trainings gewählt werden könnte. Da das sportliche Training analog zu leistungssportlichen Trainingsprinzipien auch in dieser Studie zielorientiert eingesetzt werden soll, muss dabei sowohl analysiert werden, welche Veränderungen erzielt werden sollen als auch welche Ausgangsleistungsfähigkeit die Patientengruppe mitbringt. Hierbei müssen die Einflüsse der Pathophysiologie und der Medikation Berücksichtigung finden. Die Struktur der angestrebten Leistung und die Struktur der Leistungsfähigkeit sollen überein gebracht werden (Gundlach, 1980).

Charakterisierung der Zielgruppe

Bei einer Analyse der Voraussetzungen und Bedürfnisse der Zielgruppe der Patienten stellt sich die Erkrankung Schizophrenie, die in der ICD-10 als Erkrankung von Denken, Wahrnehmung und Affekt beschrieben wird, vor allem als eine Erkrankung dar, die früh im Leben der Betroffenen auftritt und sie oft bis zu ihrem Lebensende begleitet (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information, 2013, S. 181). Sporttherapeutische Angebote können ihre volle Wirksamkeit entfalten, wenn sie eine

dauerhafte Sportpartizipation erreichen. Dann allerdings können sie als Teil des Alltagslebens auch lebenslang wirksam bleiben. Die Erforschung der Schizophrenie besitzt aber auch aufgrund ihrer Lebenszeitprävalenz von 0,5 bis 1,6 % weltweit eine große Relevanz (Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde, 2006, S. 185). Laut Robert Koch-Institut (2010, S. 16) sind in Deutschland 15600 neue Schizophreniepatienten pro Jahr zu erwarten.

Das episodische Auftreten akut psychotischer Phasen mit wiederholten stationären Behandlungen, unvollständigen Remissionen und chronischen Verläufen mit einhergehender dauerhafter Symptomatik und kognitiven Einschränkungen führt zu erheblichen sozialen und ökonomischen Konsequenzen. Für ca. 70 % ist eine Erwerbstätigkeit nicht oder nur eingeschränkt möglich (Robert Koch-Institut, 2010, S. 70). Die unterschiedlichen Verläufe der Erkrankung sind im Anhang gezeigt (s. Abbildung A.1 Falkai, 2003). Verschiedene Funktionsbereiche sind gestört, wobei der Ausprägungsgrad der Symptome individuell und im Krankheitsverlauf unterschiedlich ist, sodass verschiedene Prägnanztypen und Krankheitsphasen unterschieden werden können. Daher besteht eine erhebliche Heterogenität unter den Patienten, was unter anderem auch bei der Gestaltung von Sportgruppen zu berücksichtigen ist. Eine Auflistung der Leitsymptome und Diagnosekriterien findet sich im Anhang. Betroffen sind dabei die Funktionsbereiche „Aufmerksamkeit, Wahrnehmung, Denken, Ich-Funktion, Affektivität, Antrieb und Psychomotorik“ (Robert Koch-Institut, 2010, S. 8). Wahn und Halluzinationen, z. B. das Hören von Stimmen, bestimmen eher die akute Psychose, wobei diese Symptome auch persistent sein können. Sogenannte Negativsymptome bleiben häufig auch in Phasen mit Teilremission bestehen, sodass ein Sportprogramm hier mit den Erschwerissen von Antriebsminderung und sozialem Rückzug umgehen muss bzw. auf eine Reduktion ausgerichtet sein kann (Mäkinen et al., 2010; Chang et al., 2011). Verminderungen der kognitiven Leistungsfähigkeit können unterschiedliche Bereiche wie z. B. die Aufmerksamkeit, das Lernen oder das Arbeitsgedächtnis betreffen (Ross, Margolis, Reading, Pletnikov & Coyle, 2006; Vöhringer et al., 2013). Die Symptomatik mit kognitiven Beeinträchtigungen und eingeschränkter sozialer Funktionsfähigkeit kann erhebliche, langfristige, psychosoziale Folgen bezüglich der Fortführung von Ausbildung, Berufstätigkeit und Teilhabe am gesellschaftlichen Leben bis hin zu einer reduzierten Fähigkeit zur selbstständigen Lebensführung haben (Robert Koch-Institut, 2010).

Die Therapie sollte „individuell und phasenspezifisch“ und unter Einbezug „psychotherapeutischer, soziotherapeutischer und ergotherapeutischer Maßnahmen“ durchgeführt werden (Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde, 2006, S. 189-191). Innerhalb des Gesamttherapieplans ist die medikamentöse Behandlung mit Antipsychotika dabei sowohl in der Akut- als auch in der Langzeitbehandlung zur Senkung des Rückfallrisikos elementar (Leucht, 2007). Neuroleptika werden einzeln oder in der Kombination mehrerer Präparate und auch gemeinsam mit anderen Medikamenten wie z. B. Benzodiazepinen oder Antidepressiva eingesetzt (Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde, 2006). Wesentlicher Wirkmechanismus der Antipsychotika ist die Rezeptorblockade im Gehirn, wobei die Blockade D₂-artiger Dopaminrezeptoren im Vordergrund steht, sich die Präparate aber bezüglich ihres Rezeptorbindungsprofils und damit auch ihres Wirkungs- und Nebenwirkungsprofils unterscheiden. Als Nebenwirkungen können u. a. extrapyramidal-motorische

Störungen, antipsychotikainduzierte Gewichtszunahmen, metabolische Veränderungen, Sedierung, Schwindel, orthostatische Hypotension oder Steigerung von Blutdruck und Herzfrequenz auftreten (Benkert & Hippus, 2013). Vor allem Negativsymptomatik und kognitive Störungen sind therapeutisch schwer zugänglich (Mäkinen et al., 2010; Robert Koch-Institut, 2010). Eine Beeinflussbarkeit mit Bewegung oder speziellen sporttherapeutischen Maßnahmen stellt eine große Chance dar.

Bei Schizophreniepatienten wurde eine passivere Lebensgestaltung mit einem geringen Anteil an Bewegung und Aktivitäten im Freien, kombiniert mit einem eher ungesünderen Lebensstil als bei Gesunden, mit Defiziten auch im Bereich der gesunden Ernährung festgestellt (Brown, Birtwistle, Roe & Thompson, 1999; Roik et al., 2007; Chuang, Mansell & Patten, 2008; Berle, Hauge, Oedegaard, Holsten & Fasmer, 2010; Wichniak et al., 2011). Folge davon ist ein erhöhtes Risiko für Übergewicht und Stoffwechsel- sowie Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Dixon et al., 2000; J. M. Meyer et al., 2005; Beebe, 2008; Hausswolff-Juhlin, Bjartveit, Lindström & Jones, 2009; Srihari et al., 2013). Es bestehen laut Robert Koch-Institut (2010, S. 16) ein erhöhtes Mortalitätsrisiko und eine reduzierte Lebenserwartung, was auch auf erhöhte Raten von Suiziden und Unfällen zurückzuführen ist.

Untersuchungen zur körperlichen Leistungsfähigkeit ergaben für Schizophreniepatienten deutliche Einschränkungen im Vergleich zu Gesunden (Deimel & Lohmann, 1983; Vancampfort, Probst, Scheewe et al., 2011; Vancampfort, Probst, Sweers et al., 2011; Nilsson et al., 2012; Kerling et al., 2013; Ostermann et al., 2013). In den Studien zeigten sich in Ergometrien im Vergleich zu gesunden Kontrollgruppen verringerte Werte für die Leistung bei submaximalen Herzfrequenzen, die maximal erreichten Leistungen, die Leistungen bei definierten Laktatkonzentrationen sowie geringere maximal erreichte Werte der Sauerstoffaufnahme (Deimel & Lohmann, 1983; Kerling et al., 2013). Auf der Ebene der Alltagsintensitäten konnten Vancampfort, Probst, Scheewe et al. (2011) und Vancampfort, Probst, Sweers et al. (2011) Ergebnisse vorlegen, nach denen Schizophreniepatienten eine um knapp 20 % geringere Distanz innerhalb von 6 Minuten Geh-Zeit zurücklegten als die gesunden Kontrollprobanden (6-Minuten-Gehtest, siehe American Thoracic Society (2002)). Es bestehen Zusammenhänge zwischen körperlicher Aktivität, verminderter körperlicher Leistungsfähigkeit und metabolischem Syndrom bei Schizophreniepatienten, die in funktionellen Einschränkungen im Alltagsleben und Verminderungen der Lebensqualität resultieren können (Hausswolff-Juhlin et al., 2009; Vancampfort, Sweers et al., 2011; Wang et al., 2012).

Nach der Feststellung einer verringerten Leistungsfähigkeit stellt sich die Frage nach den alltäglichen Anforderungen. Nach Gundlach (1980, S. 4) war die „Kennzeichnung der Leistungsstruktur“ und die „Bestimmung der Anteiligkeit und Bedeutung ihrer Elemente und Komponenten sowie deren Wechselbeziehungen und gegenseitige Bedingtheit“ eine wesentliche Komponente zur Zielerreichung im DDR-Leistungssport. Anders als im Leistungssport, wo eine klar definierte Wettkampfleistung vorgegeben ist, ist es bei einer heterogenen Patientengruppe mit ganz unterschiedlichen Ansprüchen, Vorlieben, Lebensphasen, Bildungshintergründen und Weltanschauungen nicht möglich, ein genaues Anforderungsprofil zu erstellen. Außerdem existieren Gesundheits- und Pflegemodelle, die Grundbedürfnisse und Mindestmaße eines Funktionsniveaus zur

selbstständigen Alltagsbewältigung festlegen (z. B. Aktivitäten des täglichen Lebens (Dornblüth & Pschyrembel, 2004)). Das Beenden der Medikation, Symptombefreiheit, Berufstätigkeit, soziale Beziehungen und selbstständiges Leben gehören aus Sicht von Patienten zu den Anforderungen an Genesung, wie sich aus einer Diskussion unter 8 chinesischen Schizophreniepatienten (Fokusgruppe) zum Thema Genesung ergab (Roger et al., 2008). Die eingeschränkte Teilhabe von Schizophreniepatienten am sozialen und beruflichen Leben lässt den Schluss zu, dass die Anforderungen nicht bei allen Patienten der Leistungsfähigkeit entsprechen. In der WHO-Definition gehören Schwierigkeiten, Aktivitäten auszuführen, und Probleme bei der Teilhabe am sozialen Leben neben Störungen der körperlichen Funktionen und Strukturen zu den Dysfunktionen, die über Funktionsfähigkeit und Behinderung entscheiden (World Health Organization, 2002). Im World Health Report gehört Schizophrenie zu den Erkrankungen, für die die höchsten Anzahlen von Jahren mit Behinderung bestimmt wurden (je nach Altersklassen Rangplatz 3 bis 7). Es heißt dort, dass ca. ein Fünftel der Patienten mit „serious limitations in their day-to-day activities“ leben muss (World Health Organization, 2001, S. 33). Die Therapieziele nach Robert Koch-Institut (2010, S. 22) weisen daher weit über die Symptombefreiheit hinaus und zeichnen sich durch ein Anstreben von „Erhaltung oder Wiedererlangung einer bestmöglichen Lebensqualität durch ein selbstbestimmtes, unabhängiges Leben mit (Wieder-)Herstellung beruflicher und sozialer Leistungsfähigkeit“ aus. Angestrebt wird also eine Steigerung des Funktionsniveaus in allen Bereichen, also auch bei der körperlichen Leistungsfähigkeit. Dies bedeutet in der Praxis, dass sich z. B. die Anforderung stellt, Wegstrecken zum Einkaufen zu Fuß oder mit dem Rad zu erledigen, Einkaufstaschen eine Treppe hinaufzutragen, an Freizeitaktivitäten teilzunehmen, die körperliche Aktivität erfordern, oder körperlich belastbar für den Wiedereinstieg in das Berufsleben zu werden. Defizite in Gedächtnis und exekutiven Funktionen zeigen sich auch in Alltagsaktivitäten wie beim Einkauf von Lebensmitteln oder der Zubereitung einer Mahlzeit, wobei Schizophreniepatienten mehr Fehler als Gesunde machen (Semkovska, Bédard, Godbout, Limoge & Stip, 2004).

Die multifaktorielle Genese der Schizophrenie lässt sich in dem sogenannten Vulnerabilitäts-Stress-Coping-Modell fassen. Dabei führen Belastungsfaktoren bei unzureichenden Bewältigungsmöglichkeiten und einer bestimmten Disposition zum Krankheitsausbruch. Es spielen Dispositionsgene bei der Vulnerabilität eine große Rolle, aber auch Störungen der Hirnentwicklung durch Geburtskomplikationen oder Infekte während der Schwangerschaft können zur Vulnerabilität beitragen. Auch die Stressoren können unterschiedlicher Natur sein. Beispiele sind Überforderung, Konflikte, belastende Ereignisse, traumatische Erfahrungen oder Drogenkonsum. Coping steht für die Kompetenz bei Stressbewältigung und Problemlösung. Das Modell zeigt, dass nicht nur der Verlauf und die Ausprägung der Symptomatik bei Schizophrenie individuell unterschiedlich sind, sondern auch die Manifestation der Erkrankung auf individuell unterschiedlichen Teilfaktoren beruht. Der modellhafte Charakter macht deutlich, dass die Genese der Schizophrenie bisher nicht vollständig aufgeklärt werden konnte (Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde, 2006; Robert Koch-Institut, 2010). Neurobiologische Teilfaktoren spielen eine Rolle: Zu den neurobiologischen Funden zählen reduzierte Gehirnvolumina und vergrößerte Liquorräume, reduzierte N-Acetylaspartat-Konzentrationen (NAA), eine gestörte Integrität der weißen Substanz,

Störungen der Konnektivität, Veränderungen von Rezeptordichten und -funktionen in unterschiedlichen Transmittersystemen, Reduktionen von Axonen, Dendriten, dendritischen Dornen und Synapsen (Steen, Hamer & Lieberman, 2005; Falkai & Maier, 2006; Gur, Keshavan & Lawrie, 2007; Zipursky, Meyer & Verhoeff, 2007; Ellison-Wright & Bullmore, 2009; Yin, Chen, Sathyamurthy, Xiong & Mei, 2012; Fitzsimmons, Kubicki & Shenton, 2013; Haijma et al., 2013).

Hinsichtlich der Untersuchungen der aktuell durchgeführten Sportstudie soll aus dem Bereich der zerebralen Befunde auf die magnetresonanztomographischen Bestimmungen des Hippocampusvolumens anhand von Meta-Analysen und ausgewählten Studien eingegangen werden: Der Hippocampus ist eine komplexe Struktur im medialen Temporallappen, die für bestimmte Gedächtnisleistungen eine wichtige Funktion erfüllt (s. Abbildung 2.1). Ein Review von 2005 (Geuze, Vermetten & Bremner, 2005) zeigte Volumenreduktionen im Bereich des Hippocampus bei zahlreichen neuropsychiatrischen Erkrankungen auf. Für die Schizophrenie befassten sich 76 Studien mit der Hippocampusvolumetrie; damit lag die Schizophrenie 2005 auf Platz zwei bezüglich der Anzahl der unternommenen Studien. Die Mehrheit dieser Studien fand bilaterale hippocampale Volumenreduktionen, es gab jedoch auch Studien, die kleinere Volumina nur auf einer Seite fanden, Änderungen nur in einem bestimmten Bereich des Hippocampus belegen konnten oder gar keine Unterschiede im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden feststellen konnten (Geuze et al., 2005). Heterogen sind die einzelnen Ergebnisse auch bezüglich der Frage, ob es eine fortschreitende Volumenabnahme gibt (Wood et al., 2001; Chakos et al., 2005). Eine Meta-Analyse konnte jedoch zeigen, dass hippocampale Volumenreduktionen sowohl bei Ersterkrankten als auch bei chronisch Kranken gleichermaßen vorzufinden und beide Seiten von der Reduktion betroffen sind, wobei der rechte Hippocampus bei Gesunden und Schizophreniepatienten größer als der linke war (Adriano, Caltagirone & Spalletta, 2012). Volumenreduktionen der grauen Substanz in der Hippocampusregion konnten auch bei noch nicht medikamentös behandelten Ersterkrankten festgestellt werden (Chua et al., 2007). Einzelne Studien widmen sich der Erforschung der regionalen Spezifik der Volumenreduktion des Hippocampus. Narr et al. (2004) zeigten beispielsweise Volumenreduktionen im mittleren bis vorderen lateralen Teil des Hippocampus. Csernansky et al. (2002) fanden zwar Unterschiede in der Form des Hippocampuskopfes und eine verstärkte Asymmetrie bei den Patienten, jedoch keine Unterschiede in den hippocampalen Volumina zwischen Gesunden und Patienten. Weitere Studien weisen auf hippocampale Volumendefizite auch bei nicht erkrankten Verwandten hin (Heckers, 2001; Geuze et al., 2005; Harrison, 2004).

Falkai und Schmitt (2012, S. 249) interpretieren die hippocampalen Volumenunterschiede zwischen Gesunden und Schizophreniepatienten als „eine Reduktion nicht neuronaler Elemente, des sogenannten Neuropils, [...] u. a. Synapsen, Dendriten und Axone“, da ein Verlust an Neuronen nicht nachweisbar sei. Erkenntnisse zur synaptischen Dysfunktion sind bei Yin et al. (2012) zusammenfassend dargestellt.

Diese strukturellen Aspekte der hippocampalen Pathologie der Schizophrenie werden von Erkenntnissen aus Magnetresonanztomographie (MRS) und funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) unterstützt: NAA-Reduktionen finden sich auch im

Hippocampus und auch in der Aktivität scheint es Unterschiede zu Gesunden zu geben. Dies passt zu Einschränkungen hippocampusabhängiger kognitiver Fähigkeiten (Heckers, 2001). Rezeptoren der verschiedenen Transmittersysteme sind auch im Hippocampus verändert und die Konnektivität ist gestört (Harrison, 2004). Schmitt et al. (2009) fanden mittels stereologischer Untersuchung von Post-mortem-Gewebe bei Patienten im Vergleich zu Gesunden keine Unterschiede in der Neuronenzahl und -dichte, aber eine verringerte Zahl an Oligodendrozyten im posterioren Teil des Hippocampus.

Diese Charakterisierung macht deutlich, dass für Schizophreniepatienten ein genereller Trainingsbedarf für Maßnahmen zur Förderung der körperlichen Leistungsfähigkeit und ein Defizit im Vergleich zur gesunden Bevölkerung besteht. Schizophreniepatienten bilden eine Risikogruppe für Erkrankungen, die mit erniedrigter körperlicher Aktivität einhergehen. Die Darstellung von Symptomatik und Ätiologie zeigt auf, dass gezielte sporttherapeutische Angebote auf verschiedenen Ebenen positiv wirksam werden können. Dabei kann das Training nach dem Grundprinzip gestaltet sein, Trainingswirkungen zu erzielen, die einem pathologischen Aspekt entgegengesetzt sind (z. B. Symptome reduzieren) oder aber die Stärkung eines physiologischen Aspekts bewirken, sodass pathologische Aspekte besser kompensiert werden können. Ein Trainingskonzept würde hier nicht nur einen therapeutischen Sinn erfüllen, sondern auch im Rahmen der Primärprävention von Komorbiditäten wirksam werden sowie als Tertiärprävention einer Rückfallprophylaxe dienen. Als Teil einer sozialen Rehabilitation kann Bewegung oder Sport die Wiedereingliederung der Patienten in Ausbildung, Beruf oder das soziale Leben unterstützen.

Abb. 2.1. Überblick über den Hippocampus:

a) Innere Struktur des Hippocampus anhand einer Zeichnung aus Duvernoy (2005, S. 46, leicht verändert zur besseren Lesbarkeit), Legende: CA = Cornu ammonis; GD = Gyrus dentatus; 1 = Hippocampuskörper; 2 = Hippocampuskopf; 3 = Hippocampuschwanz; 4 = Endsegment;

b) Schichten des Hippocampus in einer Zeichnung eines coronalen Schnitts aus Duvernoy (2005, S. 20, leicht verändert zur besseren Lesbarkeit), Legende: CA1 – CA4 = Felder des Cornu ammonis; Schichten des Cornu ammonis: 1 = Alveus; 2 = Stratum oriens; 3 = Stratum pyramidale; 3' = Stratum lucidum; 4 = Stratum radiatum; 5 = Stratum lacunosum; 6 = Stratum moleculare; 7 = tiefer hippocampaler Sulcus; Schichten des Gyrus dentatus: 8 = Stratum moleculare; 9 = Stratum granulosum; 10 = Stratum multiforme; 11 = Fimbria; 12 = Margo denticulatus; 13 = Sulcus fimbriodentatus; 14 = oberflächlicher hippocampaler Sulcus; 15 = Subiculum;

c) Lage des Hippocampus anhand einer Zeichnung aus Duvernoy (2005, S. 10): Die gelben Pfeile zeigen auf den mit „1“ gekennzeichneten Hippocampus, so wie er an der Oberfläche des Temporallappens sichtbar ist.

Charakterisierung der zu erwartenden Trainingswirkungen

Als Form der körperlichen Aktivität oder Bewegung wird das systematische Ausdauertraining gewählt und bezüglich der Trainingswirkungen im Hinblick auf die Pathologie der Schizophrenie untersucht. Die Tabellen 2.1 und 2.2 am Ende des Abschnitts kombinieren mögliche allgemeine Trainingswirkungen eines Ausdauertrainings mit dem in unterschiedlichen Bereichen erzielbaren spezifischen Nutzen für die Patienten.

Ein systematisches Training der Ausdauerleistungsfähigkeit führt zu längerfristigen Anpassungen (Adaptationen) in vielen Organsystemen im Sinne einer Ökonomisierung und Erweiterung des maximalen Funktionsausmaßes. Dies ist beim Nervensystem z. B. die Vagotonie mit Senkung der Ruhe-Herzfrequenz, beim hormonellen System eine Senkung der Insulinausschüttung bei gleichzeitiger Erhöhung der Insulinsensitivität und eine verringerte Katecholaminkonzentration in Ruhe. Beim Herz-Kreislauf-System kommt es zu einer Ökonomisierung der Herzfunktion und auch beim Blut zeigen sich Veränderungen, z. B. in Form der Hämodilution. Auch im Atmungssystem vollziehen sich Ökonomisierungsvorgänge. In der Arbeitsmuskulatur führt das Training zu einer verbesserten Versorgung über das Kapillarnetz, Zunahme der Energiespeicher und Veränderungen der Enzymsysteme des Energiestoffwechsels. Auf zellulärer Ebene zeigen sich Veränderungen u. a. an den Mitochondrien mit einer Zunahme des Volumens, der inneren Oberfläche und der Stärke der Cristae (Åstrand & Rodahl, 1986; Engelhardt & Neumann, 1994; Zintl & Eisenhut, 2001; Muster & Zielinski, 2006; Neumann, Pfützner & Berbalk, 2007; Hottenrott & Neumann, 2008; Hollmann & Strüder, 2009). Die Veränderungen führen in Abhängigkeit von der Art der Trainingsreize dazu, dass ausdauertrainierte Menschen sowohl definierte Leistungen mit einem geringeren biologischen Aufwand als auch höhere Maximalleistungen erbringen können. Für die detaillierte Darstellung der Funktionsweise der Ausdauerleistungsverbesserungen durch Training sei auf die Vorarbeiten in Keller (15.02.2011) verwiesen.

Ausdauertraining hat verschiedene allgemeine psychische Wirkungen auf Wohlbefinden oder Stimmung und kann gezielt zur Verhaltensbeeinflussung eingesetzt werden (Arent, Rogers & Landers, 2001; Broocks & Sommer, 2005; Stathopoulou, Powers, Berry, Smits & Otto, 2006). Nicht immer kann dabei der Ausdauertrainingsreiz als Auslöser gesehen werden, sondern auch Aspekte wie das Training in einer Gruppe oder das Schaffen von Erfolgserlebnissen können positive Effekte erzielen. Diese Aspekte stehen nicht im Zentrum des Interesses dieser Sportstudie, dennoch soll nicht vernachlässigt werden, dass Sport und Bewegung auf verschiedenen Ebenen hilfreich sein können. Dies betrifft genauso die Prävention von Erkrankungen des Stoffwechsels oder des Herz-Kreislaufsystems wie den Bereich des sozialen Funktionsniveaus. Die Wirksamkeit von Sport und Bewegung bei anderen psychischen Erkrankungen wie Depressionen und Angststörungen ist besser aufgeklärt als bei Schizophrenie (Broocks et al., 1997; Broocks & Sommer, 2005; Stathopoulou et al., 2006; Knöchel et al., 2012; Josefsson, Lindwall & Archer, 2014). Aber auch Schizophreniepatienten können von Angstreduktion und Depressionsmilderung profitieren.

Körperliche Aktivität und Ausdauerleistungsfähigkeit werden im Zusammenhang mit einer erniedrigten Mortalität gesehen (Kokkinos et al., 2010; Warburton, Charlesworth, Ivey, Nettlefold & Bredin, 2010; Savonen et al., 2011).

Im Zentrum dieser Untersuchung steht neben Veränderungen der Ausdauerleistungsfähigkeit die Möglichkeit der Veränderung von Struktur und Funktion des Hippocampus. Eine zunehmende Zahl an Studien befasst sich mit dem Funktionszusammenhang von Bewegung und Veränderungen im Bereich des Hippocampus oder medialen Temporallappens. Tierstudien geben zahlreiche Hinweise zu möglichen Wirkmechanismen, Studien am Menschen zeigen Zusammenhänge von Bewegungsverhalten und verschiedenen morphologischen und funktionellen Unterschieden im Gehirn oder die Effekte von Bewegungsinterventionen auf das menschliche Gehirn:

Es konnte ein statistischer Zusammenhang zwischen der berichteten körperlichen Aktivität im Alltag und dem Volumen der grauen Substanz des rechten Hippocampus gefunden werden (Killgore, Olson & Weber, 2013) und auch die aktuelle körperliche Leistungsfähigkeit korrelierte mit dem Hippocampusvolumen. Im Rahmen der gerontologischen Forschung wurden geringe Leistungen im 6-Minuten-Gehtest mit Volumendefiziten des linken Hippocampus bei leichten kognitiven Beeinträchtigungen (Makizako et al., 2013) festgestellt. Demgegenüber wurde ein hohes Niveau an Fitness mit einem besseren Erhalt von Hippocampusvolumen und Gedächtnisleistung (Szabo et al., 2011) sowie größeren hippocampalen Volumina im Alter (Erickson et al., 2009) in Verbindung gebracht.

Ein 1-jähriges Ausdauertraining führte bei älteren Erwachsenen zwischen 55 und 80 Jahren ($n = 60$) zu einer Steigerung des Hippocampusvolumens um ca. 2 %, während es bei der Kontrollgruppe mit Kräftigungs-, Balance- und Dehnübungen zu einer Volumenabnahme kam (s. Abbildung 2.2 (Erickson et al., 2011)). Auch bei 70- bis 80-jährigen Frauen als Risikogruppe für Gedächtnisstörungen führte eine Intervention mit Walking zu hippocampalen Volumensteigerungen um 4 % bzw. zu Volumenerhalt im Vergleich zu einer zweiten Trainingsgruppe mit Beweglichkeits-, Dehn-, Balance- und Entspannungsübungen. Positive Effekte wie in der Ausdauergruppe zeigten sich auch bei einer Krafttrainingsgruppe nicht (Ten Brinke et al., 2014). In einer Pilotstudie mit einem Multiple-Sklerose-Patienten konnte eine Zunahme im hippocampalen Volumen (um 16,5 %) nach einer Ausdauerintervention auf einem Standfahrrad festgestellt werden, und auch deutliche Verbesserungen der Gedächtnisleistungen wurden hier berichtet (Leavitt et al., 2013).

Abb. 2.2. Abbildung aus Erickson et al. (2011, S. 3019): Links ist ein Segmentierungsbeispiel und rechts die Veränderung der Hippocampusvolumina über den Verlauf der 1-Jahres-Intervention in Blau für die Ausdauertrainingsgruppe und in Rot für die Kontrollgruppe gezeigt.

Bei einer Studie mit 13 Männern und Frauen in jüngerem Alter (23 bis 45 Jahre) konnte nach einer 10-wöchigen Ausdauertrainingsintervention mit Walking und Laufen keine statistisch signifikante Hippocampusvolumenzunahme gefunden werden. Statistische Analysen unterstützen allerdings die Vermutung eines Zusammenhangs zwischen Veränderungen der Ausdauerleistungsfähigkeit und Volumenänderungen (Parker et al., 2011). Die positiven Funde konnten auch im Mausmodell nachgewiesen werden: MRT- und MRS-Untersuchungen zeigten bei laufenden Mäusen eine Zunahme hippocampaler Volumina und eine Abnahme von Glutamat-Konzentrationen (Biedermann et al., 2012; Fuss et al., 2014).

Anpassungen an Ausdauertrainingsreize sind vielfältig und nicht nur auf volumetrische Veränderungen beschränkt. Als akute Umstellungsreaktion bei der Radergometrie nahm die Gehirndurchblutung zu (Herholz, Buskies, Pawlik, Hollmann & Heiss, 1987), eine Steigerung des hippocampalen zerebralen Blutflusses (CBF) und eine erhöhte Konnektivität konnte nach der Teilnahme an einem 4-monatigen Sportprogramm gezeigt werden (Burdette et al., 2010). Die Messung des zerebralen Blutvolumens (CBV) wurde von Pereira et al. (2007) als in vivo-Korrelat der Neurogenese angeführt und war bei trainierenden Menschen im Gyrus dentatus signifikant erhöht. Diese Studienergebnisse unterstützen die Annahme, dass körperliche Aktivität die hippocampale Neurogenese beeinflusst und Neurogenese wiederum im Zusammenhang mit Angiogenese steht, die im Tiermodell zunahm (Isaacs, Anderson, Alcantara, Black & Greenough, 1992). Abbildung 2.3 zeigt beispielhaft den Nachweis des Einflusses von körperlicher Aktivität auf die Neurogenese im Tiermodell.

Abb. 2.3. Abbildung aus Pereira et al. (2007, S. 5640): Links ist die stärkere Markierung mit Bromdesoxyuridin (BrdU) als Zeichen einer stärkeren Zellproliferation bei körperlich aktiven Mäusen im Vergleich zur inaktiven Kontrollgruppe gezeigt. In der mikroskopischen Darstellung BrdU- und NeuN-positiver Zellen (rechts) sind neu gebildete Neurone (gelb gefärbt) im Vergleich beider Versuchsgruppen zu sehen (rot = BrdU; grün = Neuronenmarker (NeuN); gelb = BrdU und NeuN)

Körperlicher Aktivität wird ein günstiger Einfluss auf die Gehirnfunktion zugeschrieben (Hillman, Erickson & Kramer, 2008). Z. B. anhand von Verbesserungen der Mustererkennung als Gedächtnisleistung wurde sowohl beim Menschen als auch beim Tier die funktionelle Bedeutung von körperlicher Aktivität aufgezeigt (Creer, Romberg, Saksida, van Praag & Bussey, 2010; Déry et al., 2013). Körperliche Aktivität ist mit besseren kognitiven Leistungen assoziiert, wirkt dem Rückgang der kognitiven Leistungsfähigkeit im Alter entgegen, reduziert das Risiko, an Demenz zu erkranken und scheint in diesem Zusammenhang eine vielversprechende Interventionsmöglichkeit bei Alzheimerkrankheit zu sein (Flöel et al., 2010; Kaliman et al., 2011; Erickson, Weinstein & Lopez, 2012). Statistisch signifikante kognitive Verbesserungen durch eine Teilnahme an einem Ausdauertrainingsprogramm beim Menschen sind jedoch nicht immer nachweisbar (Angevaren, Aufdemkampe, Verhaar, Aleman & Vanhees, 2008; Erickson et al., 2011; Parker et al., 2011; Ten Brinke et al., 2014) und auch die biologischen Mechanismen sind noch unklar (Lista & Sorrentino, 2010). Kempermann, Kuhn, Winkler und Gage (1998, S. 856) schlussfolgerten allerdings schon 1998, dass „adulte hippocampale[r] Neurogenese eine meßbare funktionelle Bedeutung zukommt“. Dies beruhte auf tierexperimentellen Steigerungen der kognitiven Leistungsfähigkeit im Zusammenhang mit Neurogenese (Kempermann, Kuhn & Gage, 1997b).

Seit den Experimenten von van Praag et al. (1999), die einen Einfluss körperlicher Aktivität auf Neurogenese, synaptische Plastizität und Lernprozesse bei Mäusen zeigen konnten, und dem Nachweis adulter hippocampaler Neurogenese beim Menschen von Eriksson et al. (1998), wurden zahlreiche Studien durchgeführt, die Wirkmechanismen oder Detailsaspekte untersuchen. So wurde bestätigt, dass Wachstumsfaktoren durch körperliche Aktivität in höheren Konzentrationen auftreten, z. B. brain-derived neurotrophic factor (BDNF) im Hippocampus (Neeper, Gomez-Pinilla, Choi & Cotman, 1995), und als Mediatoren die Wirkung von körperlicher Aktivität auf Veränderungen des Gehirns modulieren (Carro, Nuñez, Busiguina, Torres-Aleman & (Keine Angabe), 2000; Trejo, Carro & Torres-Alemán, 2001; Cotman & Berchtold, 2002; Cotman & Engesser-Cesar, 2002; Fabel et al., 2003). Für BDNF konnte dieser Zusammenhang auch am Menschen

gezeigt werden (Erickson et al., 2011; Huang, Larsen, Ried-Larsen, Møller & Andersen, 2014). Auch Neurotransmittersysteme werden von körperlicher Aktivität beeinflusst und spielen eine Rolle in der Regulation der untersuchten Anpassungen an Ausdauertraining (Dunn, Reigle, Youngstedt, Armstrong & Dishman, 1996). Mit Hilfe von Mäusen mit einem Mangel an Serotonin wurde beispielsweise die Bedeutung von Serotonin für die Effekte körperlicher Aktivität im Hippocampus nachgewiesen (Klempin et al., 2013) und in Untersuchungen zur Wirkungsweise von Medikamenten wurde z. B. mit antidepressiv wirksamen selektiven Serotonin-Wiederaufnahmehemmern die Neurogenese im Tiermodell gesteigert (Malberg, Eisch, Nestler & Duman, 2000). Stress sowie die Injektion von Glukokortikoiden hemmen die Neurogenese und auch Schwankungen weiblicher Sexualhormone im Zyklusverlauf haben im Tiermodell einen Einfluss auf die synaptische Plastizität im Hippocampus. Dies zeigt, dass Hormone eine Rolle als Einflussfaktoren auf Veränderungen im Hippocampus spielen (McEwen, 1996; Gould, McEwen, Tanapat, Galea & Fuchs, 1997; Woolley, 1998). Körperliche Aktivität verändert auch im Hippocampus die Expression von Genen, wie beispielhaft am Proopiomelanocortin Gen (POMC) mit Anstiegen nach körperlicher Aktivität gezeigt wurde (Jiaxu & Weiyi, 2000). Eadie, van und Christie (2005) zeigten bei Ratten mit Laufradbenutzung Veränderungen der Morphologie von Dendriten der Körnerzellen im Gyrus dentatus im Sinne einer erhöhten Länge und Komplexität der Dendriten und einer erhöhten Dichte der dendritischen Dornen (Spines). 3-tägige Laufradbenutzung förderte die Synaptogenese bei neugebildeten Zellen im Gyrus dentatus bei Ratten (Ambrogini et al., 2013). Die funktionelle Relevanz von adulter Neurogenese bleibt nach van Praag (2008, S. 134) trotz Forschungsanstrengungen und zunehmenden Erkenntnissen schwer fassbar.

Im Tiermodell wurden vereinzelt variierende Parameter der Trainingsinterventionen untersucht und auch Studienprotokolle beim Menschen variieren zum Teil stark, jedoch fehlen systematische Untersuchungen von verschiedenen Trainingsdauern, -häufigkeiten, -intensitäten und -zeiträumen sowie unterschiedlicher Trainingsreize beim Menschen (s. Kapitel 2.2). Zwangsweises Schwimmen scheint im Tiermodell ähnliche Effekte wie freiwilliges Laufen zu haben, doch zeigten die Tierstudien auch unterschiedliche Effekte bei verschiedenen gewählten Trainingsintensitäten und -dauern (Alomari, Khabour, Alzoubi & Alzubi, 2013; de Almeida et al., 2013; Patten et al., 2013). Für strukturelle und funktionelle Adaptationen im Gehirn liegt im Mausmodell eine bestimmte Zeitstruktur zu Grunde, die die Messung von Langzeit-Potenzierung (LTP) erst nach 56 Tagen möglich machte (Patten et al., 2013, S. 643).

Bei allen Tiermodellen bleibt die Frage nach der Übertragbarkeit auf den Menschen. Wirkungen körperlicher Aktivität auf das menschliche Gehirn bergen Unklarheiten und die Schwierigkeiten von in vivo Messungen sowie langen Studiendauern. Fragen zu den genauen Wirkmechanismen von Muskelarbeit in der Peripherie auf das zentrale Nervensystem bleiben offen für zukünftige Forschung. Aussagen zu Einflüssen von Bewegung bei Patienten machen einen weiteren Transferschritt oder spezielle Studien mit bestimmten Patientengruppen notwendig.

Die beschriebenen Trainingswirkungen und Erkrankungsmerkmale lassen sich auf verschiedenen Ebenen kombinieren, was zusammenfassend in den Tabellen 2.1 und 2.2 vorgenommen wurde.

Tab. 2.1. Theoretisch mögliche Trainingswirkungen und Zielbereiche bei Schizophreniepatienten auf verschiedenen Ebenen (Die Zusammenstellung der allgemeinen Wirkungen und der Erkrankungsmerkmale beruht auf den folgenden Quellen: Deimel und Lohmann (1983); Andreasen (1984); Åstrand und Rodahl (1986); Kay et al. (1987); Engelhardt und Neumann (1994); Broocks et al. (1997); Brown et al. (1999); Arent et al. (2001); Zintl und Eisenhut (2001); Broocks und Sommer (2005); Muster und Zielinski (2006); Stathopoulou et al. (2006); Leucht (2007); Neumann et al. (2007); Roik et al. (2007); Chuang et al. (2008); Hottenrott und Neumann (2008); Mäkinen et al. (2008); Hollmann und Strüder (2009); Berle et al. (2010); Robert Koch-Institut (2010); Hölter (2011); Vancampfort, Probst, Scheewe et al. (2011); Vancampfort, Probst, Sweers et al. (2011); Wichniak et al. (2011); Knöchel et al. (2012); Nilsson et al. (2012); Schüle und Huber (2012); Wulff et al. (2012); Benkert und Hippus (2013); Jagannath et al. (2013); Kerling et al. (2013); Ostermann et al. (2013))

mögliche allgemeine Trainingswirkung (bei Gesunden)	mögliches Merkmal der Schizophrenie als Zielbereich	mögliche spezifische Wirkung auf den Zielbereich (bei Schizophreniepatienten)
Erhöhung der körperlichen Leistungsfähigkeit	verminderte Leistungsfähigkeit	erleichterte Bewältigung von Alltagsaufgaben, leichter Einstieg in Berufs-, Sport- und Freizeitaktivitäten
Erhöhung des Energieverbrauchs	eher fettreiche Ernährung, erhöhtes Risiko für Übergewicht, antipsychotikainduzierte Gewichtszunahme	Unterstützung bei Gewichtsreduktion oder Erhaltung des Gewichts bei neuroleptischer Medikation, Prävention von Herz-Kreislauf- und Stoffwechselerkrankungen
Verbesserung der Stimmung, Angstreduktion	depressive Begleitsymptomatik, emotionaler Rückzug, Angst als Teil der Psychopathologie	Reduktion der Symptomschwere
Verbesserung der Qualität des Schlafs	Schlafstörungen	Unterstützung eines normalen Tag-Nacht-Zyklus, Reduktion der Störungen
Zunahme von sozialem Interesse und sozialer Kompetenz, Aktivierung	Soziale Passivität, sozialer Rückzug, Antriebslosigkeit, Mangel an Interesse, Apathie	Motivation zu langfristigem Sporttreiben, erleichterte und aktivere Teilhabe am gesellschaftlichen Leben, bessere Voraussetzungen für die Wiederaufnahme einer Berufstätigkeit
Erweiterung von Copingstrategien und Widerstandsquellen	Rezidivrisiko	Nutzung von Sport oder Bewegung als Strategie, mit Belastungssituationen umzugehen und auf Widerstandsquellen wie soziale Unterstützung in einer Sportgruppe zurückgreifen zu können

Tab. 2.2. Theoretisch mögliche Trainingswirkungen für den Hippocampus und Zielbereiche bei Schizophreniepatienten auf der Ebene des Gehirns (Die Zusammenstellung der allgemeinen Wirkungen und der Erkrankungsmerkmale beruht auf den folgenden Quellen: Neeper et al. (1995); Dunn et al. (1996); van Praag et al. (1999); Heckers (2001); Malberg et al. (2000); Geuze et al. (2005); Harrison (2004); Pereira et al. (2007); Burdette et al. (2010); Erickson et al. (2011); Adriano et al. (2012); Ten Brinke et al. (2014))

mögliche allgemeine Trainingswirkung (bei Gesunden)	mögliches Merkmal der Schizophrenie als Zielbereich	mögliche spezifische Wirkung auf den Zielbereich (bei Schizophreniepatienten)
<ul style="list-style-type: none">• Hippocampusvolumenzunahme,• Förderung von Neurogenese,• Erhöhung von zirkulierenden Wachstumsfaktoren (z. B. BDNF),• erhöhter hippocampaler zerebraler Blutfluss,• weitere zerebrale Veränderungen (z. B. Veränderungen in Transmittersystemen).	<ul style="list-style-type: none">• hippocampale Atrophie,• kognitive Störungen,• Störungen in Transmittersystemen.	<ul style="list-style-type: none">• Abschwächung der hippocampalen Atrophie, Verbesserung der kognitiven Leistungsfähigkeit bzgl. hippocampusabhängiger Aufgaben,• Erleichterung der Alltagsbewältigung und Voraussetzung für eine berufliche Wiedereingliederung.

2.2 Stand der Forschung: Sportstudien mit Schizophreniepatienten

Die Untersuchung der Auswirkungen von Training, Sport, Bewegung, körperlicher Aktivität oder Therapieformen, die sich diese zu Nutze machen, ist für den Bereich der Schizophrenie ein neues Forschungsanliegen, dem in den letzten Jahren zunehmend Beachtung geschenkt wird.

Die Durchführung der Literaturrecherche im zweiten Quartal 2014 unter Nutzung der Suchmaschine PubMed und des BISp-Recherchesystems Sport sowie der Literaturangaben der Fachliteratur führte zu einem anderen Bild als 2010 im Rahmen der Vorarbeiten. Die Suchbegriffe waren „schizophren“ und „exercise“ im Englischen bzw. „Sport“ im Deutschen. Aufgenommen wurden Studien, die mit Schizophreniepatienten eine Intervention mit Ausdauerbestandteil durchführten, wobei Studien, die ausschließlich Yoga als Intervention untersuchten, ausgeschlossen wurden¹. Die Zahl der Veröffentlichungen

¹Eine Review zum Einsatz von Yoga bei Schizophrenie findet sich bei Vancampfort et al. (2012).

stieg in den letzten Jahren an und einige Reviewbeiträge entstanden (Gorczynski & Faulkner, 2010; P. Bernard & Ninot, 2012; Knöchel et al., 2012; Vancampfort et al., 2012; P. Bernard et al., 2013; Malchow et al., 2013; Vancampfort et al., 2014). Unter den Reviews findet sich ein Cochrane Review (Gorczynski & Faulkner, 2010) zum Thema der Sporttherapie bei Schizophrenie, bei dem nur drei kontrollierte, randomisierte Studien die Einschlusskriterien erfüllten: Marzolini, Jensen und Melville (2009), Duraiswamy, Thirthalli, Nagendra und Gangadhar (2007) und Beebe et al. (2005). Die Hauptaussage der Autoren ist, dass Sportprogramme bei Schizophrenie möglich sind und positive Effekte auf Wohlbefinden sowie körperliche und psychische Gesundheit zu haben scheinen. Gleichzeitig werden weitere Studien gefordert, ohne die endgültige Schlussfolgerungen nicht möglich seien (Gorczynski & Faulkner, 2010, S. 2). Eine Übersicht früherer Studien findet sich bei Hölter (2011, S.237ff). In Fortsetzung der Vorarbeiten bei Keller (15.02.2011) werden im Folgenden die Ergebnisse der Jahre 2010 bis 2014 analysiert.

Bezüglich des Charakters der Studien gleichen sich die Rechercheergebnisse von 2010 und 2014. Im Durchschnitt haben die untersuchten Studien aus den Jahren 2010 bis 2014 17 Probanden pro Sport-Gruppe (Minimum: 4; Maximum: 40). Vier Studien verzichteten auf eine Kontrollgruppe (Dodd, Duffy, Stewart, Impey & Taylor, 2011; Warren et al., 2011; Strassnig, Newcomer & Harvey, 2012; P. P. N. Bernard et al., 2013); zwei Studien auf die Randomisierung (Heggelund, Nilsberg, Hoff, Morken & Helgerud, 2011; Takahashi et al., 2012). Die restlichen 10 Studien zeichnen sich durch den Einsatz von Randomisierung und Kontrollgruppe aus (Bredin, Warburton & Lang, 2013; Pajonk et al., 2010; Behere et al., 2011; Methapatara & Srisurapanont, 2011; Visceglia & Lewis, 2011; Gholipour, Abolghasemi, Gholinia & Taheri, 2012; Scheewe, Backx et al., 2012; Scheewe, Takken et al., 2012; Scheewe et al., 2013; Varambally et al., 2012; Chen et al., 2014; Oertel-Knöchel et al., 2014).

Die Studien von Behere et al. (2011), Methapatara und Srisurapanont (2011), Scheewe, Backx et al. (2012); Scheewe, Takken et al. (2012); Scheewe et al. (2013), Varambally et al. (2012) und Chen et al. (2014) untersuchen Probandenzahlen von über 20 Patienten pro Gruppe. Die steigende Anzahl an Studien (2011-2014: ca. 4 Veröffentlichungen pro Jahr; 1999-2010: ca. 1 Veröffentlichung pro Jahr) kann ein Hinweis auf ein ansteigendes Forschungsinteresse sein. Es ist zu beachten, dass frühe Veröffentlichungen möglicherweise seltener als aktuelle Veröffentlichungen in PubMed gelistet sind. Trotz vermehrter Forschungsintensität bleibt die Gruppe der Studien letztlich aber heterogen. Die Versuchsgruppen sind oft klein, das methodische Vorgehen unterscheidet sich zum Teil stark und Verallgemeinerungen sind daher kaum möglich.

Die einzelnen Studien haben unterschiedliche Schwerpunkte, sodass zu einigen Aspekten wie etwa den Auswirkungen der körperlichen Aktivität auf die kognitive Leistungsfähigkeit nur drei Studien zur Verfügung stehen: Pajonk et al. (2010, S. 140) beschreiben eine Steigerung von 34 % bei Leistungsparametern des Kurzzeitgedächtnisses, die mit dem Verbalen Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT) erhoben wurden. Diese Steigerung war in der Interventionsgruppe nach 12-wöchigem aeroben Ausdauertraining auf Fahrradergometern bei drei Einheiten pro Woche von 30 Minuten Dauer festzustellen. Veränderungen im Langzeitgedächtnis konnten in der kleinen Stichprobengröße bei den acht untersuchten Patienten nicht gemessen werden (Pajonk et al., 2010).

Oertel-Knöchel et al. (2014) untersuchten bei insgesamt 29 Schizophreniepatienten die Auswirkungen von 4 Wochen körperlicher Aktivität oder Entspannung in der Kombination mit kognitivem Training. Hierbei folgte auf ein 30-minütiges kognitives Training eine Einheit von 45 Minuten mit Zirkeltraining und aerobem Training mit Box- und Stepelementen oder Entspannungstraining je nach Interventionsgruppe. Es konnten signifikante Verbesserungen der Verarbeitungsgeschwindigkeit, des Arbeitsgedächtnisses und des visuellen Lernens gezeigt werden. Verbesserungen lagen dabei auch für die Entspannungsgruppe vor, diese waren in der Sportgruppe aber stärker ausgeprägt. Ergebnisse zu zerebralen Veränderungen durch Teilnahme an einem Ausdauer-Programm finden sich auch in den Vorträgen von Chen et al. (2014) und der zugehörigen Dissertation von Lin (2013) zu einer Studie, die Yoga und Ausdauertraining bei Schizophreniepatientinnen in Hong-Kong verglich: Die Teilnahme an einem 12-wöchigen Trainingsprogramm mit Walking und Radfahren führte hier zu signifikanten Verbesserungen der Gedächtnisleistungsfähigkeit.

Ähnlich gibt es auch nur wenige Studien, die bildgebende Verfahren des Gehirns einsetzen und die Wirkmechanismen von Bewegung auf zerebraler Ebene bei Patienten untersuchen. Erneut zeigten Pajonk et al. (2010, S. 137) Veränderungen bei der trainierenden Patientengruppe: Mittels MRT konnten 12 % Volumenzunahme im Hippocampus, jedoch keine Veränderungen im Gesamtvolumen gezeigt werden (s. auch Dissertation zur Studie Berner, 2008). In kortikalen Bereichen der gleichen Patientengruppe ergaben sich keine Veränderungen durch Ausdauertraining (Falkai & Schmitt, 2013). Veränderungen im Hirnstoffwechsel wurden in einer Zunahme des N-Acetyl-Aspartats im Verhältnis zum Kreatin (NAA/Cr-Ratio) deutlich, wobei NAA ein Marker ist, der bei Neuronendysfunktion erniedrigt ist, und Cr als interne Referenz genutzt wird (Pajonk et al., 2010, S. 139). Scheewe, Backx et al. (2012) konnten diese Ergebnisse mit einem 6-monatigen Interventionsprogramm nicht reproduzieren: Veränderungen in Hippocampus- und Gesamtvolumina sowie der Kortex-Dicke konnten mittels MRT weder bei den trainierenden Schizophreniepatienten noch bei gesunden Probanden gemessen werden. Die Intervention bestand aus ein bis zwei Einheiten pro Woche Ausdauer- und Krafttraining mit einer Dauer von 60 Minuten pro Einheit. Die Intensität betrug 45 bis 75 % der Herzfrequenzreserve; die Kräftigungsübungen wurden mit drei Serien und 10 bis 15 Wiederholungen ausgeführt. Auch ein aktuelles systematisches Review konnte keine weiteren Studien zu neurobiologischen Effekten von körperlicher Aktivität bei Schizophreniepatienten finden (Vancampfort et al., 2014). In der oben angegebenen Studie von Chen et al. (2014) und Lin (2013) wurden allerdings ebenfalls strukturelle MRT eingesetzt um zerebrale Veränderungen durch Teilnahme an einem Sportprogramm zu untersuchen. Hier konnten nach Teilnahme an der Intervention mit Ausdauertraining signifikante Zunahmen der Dicke des Gyrus frontalis superior und inferior des Kortex festgestellt werden. Takahashi et al. (2012) untersuchten eine etwas abweichende Fragestellung mittels fMRT während der Betrachtung von Basketballszenen in Videoclips durch Schizophreniepatienten, die an einem Sportprogramm teilnahmen. Sie konnten nach der Teilnahme an dem eigenen Sportprogramm eine Steigerung der Aktivierung der „extrastriate body area“ (Takahashi et al., 2012, S. 1) bei dieser Beobachtung zeigen (s. auch Downing, Jiang, Shuman & Kanwisher, 2001).

Anders ist die Ergebnislage im Bereich der Symptomatik. Auch wenn viele unterschiedliche Instrumente zur Einschätzung verwendet wurden und diese zum Teil unspezifisch für die Erkrankung sind, haben zahlreiche Studien in diesem Bereich Daten erhoben. Die Studienergebnisse aus den Jahren 2010 bis 2014 zeigen eine Reduktion der Positiv- und/oder Negativsymptomatik (Behere et al., 2011; Visceglia & Lewis, 2011; Gholipour et al., 2012; Scheewe, Backx et al., 2012; Bredin et al., 2013; Chen et al., 2014) und der depressiven Symptome (Scheewe, Backx et al., 2012; Chen et al., 2014) sowie eine Verbesserung der psychischen Gesundheit (Strassnig et al., 2012) und des sozialen Funktionsniveaus (Varambally et al., 2012). Es existieren aber auch abweichende Ergebnisse: Dodd et al. (2011) konnten keine Verbesserung der Symptomatik feststellen.

Die Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit ist von hoher Bedeutung, um Korrelationen zwischen den einzelnen Veränderungen zu erstellen. Dennoch wurde nur in einigen wenigen Studien zusätzlich zur Intervention eine konsequente Leistungsdiagnostik durchgeführt, deren Methodik in Tabelle 2.3 den Ergebnissen gegenübergestellt ist.

Tab. 2.3. Übersicht über Studien aus den Jahren 2010 bis 2014, die leistungsdiagnostische Verfahren zur Messung der körperlichen Leistungsfähigkeit für die Untersuchung von Veränderungen durch eine Intervention bei Schizophreniepatienten einsetzen

Autor (Jahr)	Methodik	Ergebnisse
Bredin et al. (2013)	maximale Fahrradergometrie	Steigerungen der maximalen Leistung, der maximal erreichten Sauerstoffaufnahme und der Zeitdauer bis zur Erschöpfung (keine Signifikanztests wegen geringer Probandenzahl)
Dodd et al. (2011)	Submaximale Fahrradergometrie, 6-Minuten-Gehtest	Keine Veränderungen
Heggelund et al. (2011)	Laufbandergometrie	statistisch signifikante Steigerung des Wirkungsgrades und der maximal erreichten Sauerstoffaufnahme
Pajonk et al. (2010)/ Falkai et al. (2013)	maximale Fahrradergometrie	Steigerungen in der maximal erreichten Leistung (11 %) und der relativen maximal erreichten Sauerstoffaufnahme (5 %) bei Gesunden und Patienten zusammen
Scheewe et al. (2012)	maximale Fahrradergometrie	signifikante Steigerungen in der maximalen Leistung und maximal im Test erreichten relativen Sauerstoffaufnahme
Strassnig et al. (2012)	submaximaler Test	signifikante Steigerung der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme

Alle genannten Ergebnisse lassen sich auch deshalb nur schwer vergleichen, weil die angewendete Art des körperlichen Trainings in den Interventionen sowie die Dauer der Interventionen, die Dauer und Anzahl der Einheiten ebenso wie die Intensitäten stark schwanken. Eine Übersicht über die unterschiedliche Methodik aus den Jahren 2010 bis 2014 gibt Tabelle 2.4.

Tab. 2.4. Übersicht über die angewandten Interventionen der analysierten Studien aus den Jahren 2010 bis 2014, die eine Intervention mit einer Form der körperlichen Aktivität bei Schizophreniepatienten anwendeten (Eine ältere Version der Darstellung wurde von der Autorin für das Literaturreview Malchow et al. (2013) angefertigt und ist dort bereits veröffentlicht.)

Autor (Jahr)	Interventionsform	Organisationsform
Behere et al. (2011)	Yoga-Gruppe und „Exercise“-Gruppe	1 Monat mit Anleitung, 60 min/Einheit; Yoga-Gruppe: „loosening exercises, breathing practices, suryanamaskara, sitting, supine, and prone posture asanas along with pranayama and relaxation techniques“ (Behere et al., 2011, S.149); „Exercise“-Gruppe: „brisk walking, jogging, and exercises in standing and sitting postures and relaxation“ (Behere et al., 2011, S.149); anschließend 2 Monate selbstorganisiertes Training zu Hause
Bernard (2013)	Walking zur Unterstützung der Reduktion von Tabakkonsum	8 Wochen, 5 Beratungssitzungen zur Rauchentwöhnung; 3 Einheiten Walking: 90 min/Einheit (10 min Warm-Up, 50 min Walking, 10 min Cool-Down)
Bredin et al. (2013)	aerobe Ausdauer-Gruppe und Kraft-Gruppe	12 Wochen, 3 Einheiten/Woche, 10 min/Einheit Warm-up und Cool-down mit geringer Intensität und Dehnübungen; Ausdauer-Gruppe: 30 min/Einheit Fahrradergometer, Laufband oder Crosstrainer; Kraft-Gruppe: 8 bis 10 verschiedene Übungen für die großen Muskelgruppen, mit 2 Serien und 10 bis 15 Wiederholungen, 50 % bis 70 % der Maximalkraft
Chen et al. (2014, 2012)	Yoga-Gruppe und aerobe Ausdauer-Gruppe	12 Wochen, Walking- und Fahrrad-Programm oder Yoga-Programm, 3 Einheiten/Woche; Hatha-Yoga-Gruppe: 60 min/Einheit, davon: 10 min/Einheit Atemübungen, 40 min/Einheit Bewegungsabfolgen und Halteübungen, 10 min/Einheit Entspannungsübungen; Ausdauer-Gruppe: 40 bis 50 min/Einheit, davon: 15 bis 20 min/Einheit Walking auf Laufband und 25 bis 30 min/Einheit Standfahrrad fahren, 45 % bis 49 % der maximalen Sauerstoffaufnahme (Details aus Lin, 2013, S. 91ff)

Tab. 2.4. (Fortsetzung)

Autor (Jahr)	Interventionsform	Organisationsform
Dodd et al. (2011)	aerobes Ausdauertraining mittels Laufband, Fahrradergometer u. Ä. und Walking	Gewöhnungsphase: 4 Wochen, 1 Einheit/Woche; anschließend 6 Monate; Laufband, Fahrrad-, Ruder-, Armkurbelergometer u. Ä.: 2 Einheiten/Woche, maximal 30 min/Einheit, aerober Stoffwechselbereich, 65 % bis 75 % der maximalen Herzfrequenz; Walking: 1 Einheit/Woche, 30 min/Woche
Gholipour et al. (2012)	Bewegungstherapie- und Verhaltenstherapiegruppe mit Token-System	3 Monate, 3 Einheiten/Woche, 120 min/Einheit
Heggelund et al. (2011)	Hochintensives Ausdauertraining auf dem Laufband	8 Wochen, 3 Einheiten/Woche, 4 x 4 min Intervalle, 85 % bis 95 % der im Vortest maximal erreichten Herzfrequenz im Intervall bzw. 70 % in der aktiven Erholungsphase zwischen den Intervallen
Killackey et al. (2011)	Ausdauertraining durch Laufen und Walking	9 Wochen, 3 Einheiten/Woche, 30 min/Einheit, selbstorganisiert mit iPod touch mit den Applikationen „Nike+“ and „Couch to 5k“ und „Twitter“
Methapatara et al. (2011)	Motivations- und Erziehungsprogramm und anschließend Walking-Programm	Motivations- und Erziehungsprogramm: 1 Woche, 5 Einheiten/Woche, 60 min/Einheit; Walking-Programm: 12 Wochen, selbstorganisiert unter der Verwendung von Schrittzählern, 3000 bis 8000 Schritte/Tag
Oertel-Knöchel (2014)	Aerobes Training mit Box- und Stepelementen und Zirkeltraining	4 Wochen, 3 Einheiten/Woche, 30 min/Einheit kognitives Training und 45 min/Einheit körperliche Aktivität: 10 min Warm-Up (z. B. Ballspiele/Dehnübungen), 25 min aerobes Training (Übungen für Arme und Beine mit Box- und Stepaerobic-Elementen, auch mit einfachen Choreographien), Zirkeltraining (2-3 Durchgänge mit 6 Übungen über 60 s mit 20 s Pause für die Ganzkörpermuskulatur einschließl. Ausdauerübungen, z. B. mit Trampolin, Gewichten oder Bällen), 60 % bis 70 % der individuellen maximalen Herzfrequenz, 10 min Cool-Down (z. B. Dehnübungen)
Pajonk et al. (2010)/ Falkai et al. (2013)	Ausdauer- und Tischfußball-Gruppe	12 Wochen, 3 Einheiten/Woche, 30 min/Einheit; Ausdauer-Gruppe: Radergometertraining, mit der Herzfrequenz, die in der leistungsdiagnostischen Untersuchung bei einer Laktatkonzentration von 1,5 bis 2 mmol/l auftrat; Tischfußball-Gruppe

Tab. 2.4. (Fortsetzung)

Autor (Jahr)	Interventionsform	Organisationsform
Scheewe et al. (2012)	kardiovaskuläres Training und Krafttraining	6 Monate, 1 bis 2 Einheiten/Woche; kardiovaskuläres Training: 40 min/Einheit, ansteigende Intensität (3 Wochen 45 % der Herzfrequenzreserve, 9 Wochen 65 %, 14 Wochen 75 %); Krafttraining: 20 min/Einheit, 6 Übungen, 3 Serien, 10 bis 15 Wiederholungen, Arm-, Bein- und Rumpfmuskulatur
Strassnig et al. (2012)	Ausdauertraining auf dem Laufband	6 Wochen, 3 Einheiten/Woche, 30 min/Einheit, 65 % der maximalen Herzfrequenz (berechnet als 220 Schläge pro Minute minus Alter in Jahren)
Takahashi et al. (2012)	Ausdauertraining durch Walking und Jogging, Muskeldehnung und Basketball	3 Monate, 2 Einheiten/Tag, 12 Einheiten/Woche, 30 bis 60 min/Einheit, 11 bis 13 auf der <i>RPE</i> -Skala; Ernährungsberatung
Varambally (2012)	Yoga-Gruppe und „Exercise“-Gruppe	1 Monat mit Anleitung, 25 Einheiten, 45 min/Einheit; Yoga-Gruppe: Halte-, Atem- und Entspannungsübungen; „Exercise“-Gruppe: Walking, Jogging, Übungen, detailliert bei Duraiswamy et al. (2007); anschließend 3 Monate selbstorganisiertes Training zu Hause mit Bewegungstagebuch
Warren et al. (2011)	Ausdauertraining durch Walking und Jogging und Gesundheitserziehung (5 km Abschlusswettkampf)	10 Wochen; Ausdauertraining: 3 Einheiten/Woche, 20 min/Einheit, 2 bis 5 min Steigerung pro Woche, mit Schrittzähler und Bewegungstagebuch; Bildungsprogramm: 1 Einheit/Woche, 30 min/Einheit; als Abschluss: 5-Kilometer-Rennen

Zusammengefasst ergibt sich folgendes heterogenes Bild: Bezogen auf die Art der Intervention zeigt sich eine große Vielfalt. Teamsport (Basketball), Ausdauersport, Krafttraining und Yoga wurden durchgeführt, wobei die Präferenz beim Einsatz von Ausdauertraining liegt und Krafttraining eher als Zusatz eingesetzt wird. Zum Teil finden Aspekte der Gesundheitserziehung statt, vor allen Dingen in den Studien, die eine Gewichtsabnahme oder Rauchentwöhnung als Hauptziel verfolgen. Methodische Mängel zeigen sich neben dem Fehlen von Kontrollgruppen oder Randomisierungsprozeduren auch in der teilweise selbstorganisierten Form der Sportausübung während der Interventionen und der versuchten Kontrolle über Logbücher. Ein Mangel ist auch, dass teilweise über die Methodik der Intervention kaum Angaben gemacht werden, sodass keine genaue Aussage über die Art des Trainingsreizes gemacht werden kann. Die Dauer der Interventionen betrug für die in den Jahren 2010 bis 2014 veröffentlichten Studien (s. Tabelle 2.4) 4 Wochen bis 6 Monate, die Trainingshäufigkeit weniger als 1 Einheit pro Woche bis 2 Einheiten pro Tag, der Trainingsumfang 20 bis 120 Minuten pro Einheit.

Die geringsten Trainingsintensitäten entsprachen dem Niveau der Alltagsaktivitäten; die höchsten Intensitäten orientierten sich am hochintensiven Training (HIT). Dabei wurde mit bis zu 95 % der in einem Vortest erreichten Herzfrequenzen trainiert (Heggelund et al., 2011).

Zwischenfazit: Warum könnte ein sporttherapeutisches Konzept auch bei Schizophrenie vielversprechend sein? Schizophreniepatienten stellen sich als Gruppe mit verminderter Alltagsaktivität und geringerer körperlicher Leistungsfähigkeit dar. Infolgedessen besteht ein grundsätzlicher Trainingsbedarf. Theoretisch sollten sich bestimmte Symptome und Folgen der Erkrankung mit den Wirkungen von Ausdauertraining abschwächen oder kompensatorisch ausgleichen lassen (s. Tabelle 2.1). Erwartete Wirkungen von Ausdauertraining, wie hippocampale Volumenzunahmen, sind Erkrankungsmerkmalen, wie der Hippocampusvolumenreduktion, entgegengesetzt (s. Tabelle 2.2). Ausdauertraining kann im besten Fall therapeutisch und präventiv wirken und im Rahmen von Rehabilitation und Rückfallprophylaxe Anwendung finden. Einige Studien tragen bereits dazu bei, diese Wirksamkeit von Ausdauertraining in Bezug auf die Erkrankung Schizophrenie zu beweisen (s. Tabelle 2.4). Bisher durchgeführte Studien zu Ausdauertraining mit Schizophreniepatienten erzielten positive Effekte, u. a. auf die kognitive Leistungsfähigkeit, die Symptomausprägung und das soziale Funktionsniveau. Bezüglich der strukturellen Veränderungen im Gehirn widersprechen sich die bisherigen Ergebnisse. Aufgrund der großen Heterogenität der Interventionen muss die Anwendung eines methodisch einwandfreien, gut standardisierbaren und mit Patienten durchführbaren Trainingsprogramms gefordert werden sowie die systematische Testung der Wirkungen von verschiedenen Trainingsformen im Vergleich. Die Studie „Exercise II“ kann dieses leisten, wie aus der in Kapitel 3.2 folgenden Schilderung der Methodik deutlich wird. Untersuchungsergebnisse zu Veränderungen von körperlicher und kognitiver Leistungsfähigkeit sowie des Gehirns existieren nur wenige, sodass hier verstärkter Forschungsbedarf besteht, um die zahlreicheren Ergebnisse aus dem Bereich der Symptomatik sinnvoll zu ergänzen.

2.3 Zielsetzung und Hypothesen

Übergeordnete Zielstellung ist die Verbesserung der Therapie von Schizophreniepatienten durch die Erforschung und die anschließende Einführung den Gesamttherapieplan ergänzender sporttherapeutischer Angebote.

Untersucht werden die beiden Interventionsformen Ausdauertraining und Tischfußballspielen, wobei das Hauptinteresse in der trainingswissenschaftlichen Erforschung des Ausdauertrainings liegt und das Tischfußballspielen primär als Kontrollintervention ohne Ausdauertrainingsreiz gesehen wird. Beim Ausdauertraining ermöglicht es das Studiendesign herauszufinden, ob durch das Training für die teilnehmenden Patienten ein Nutzen entsteht, aber auch über welche Wirkmechanismen dieser moduliert wird und wie sich das Ausdauertraining auf gesunde Kontrollprobanden auswirkt. Die Komplexität der Studienmethodik ist der Vielzahl an Fragestellungen geschuldet, auf die man sich

eine Antwort erhofft. Im Zentrum dieser Arbeit steht die Frage nach den Wirkungen von Ausdauertraining auf die Ausdauerleistungsfähigkeit, das allgemeine psychosoziale Funktionsniveau und das Hippocampusvolumen bei Schizophreniepatienten. Eine wichtige Aufgabe erfüllt die sportwissenschaftliche Begleitung der Studie aber auch bei der Sicherstellung der Trainingsreize, der Analyse der Bewegungsgewohnheiten außerhalb der Studie und der Prüfung der Intervention auf die Durchführbarkeit in zukünftigen sport- oder bewegungstherapeutischen Angeboten.

Zum klaren Verständnis der Methodik und strukturierten Auswertung der Ergebnisse werden nummerierte Hypothesen gelistet, auf die im weiteren Text verwiesen wird:

- Hypothese 1: Die Ausdauerleistungsfähigkeit der Schizophreniepatienten und gesunden Kontrollprobanden ist nach der Ausdauertrainingsintervention größer als zuvor; die Tischfußballintervention zeigt hier keine Wirkung. Diese Veränderungen lassen sich anhand der Leistung bei Abbruch des Maximaltests, der Leistung bei einer Herzfrequenz von 130 bzw. 150 Schlägen pro Minute als auch der Leistung bei einer Laktatkonzentration von 2 bzw. 3 mmol/l zeigen, nicht aber an einer Veränderung der maximal erreichten Sauerstoffaufnahme.
- Hypothese 2: Die Patienten reagieren individuell unterschiedlich auf das Ausdauertraining.
- Hypothese 3: Der Ausgangszustand der Ausdauerleistungsfähigkeit der Patienten ist vor Aufnahme der Studienintervention geringer als bei den gesunden Kontrollprobanden.
- Hypothese 4: Das Ausmaß der körperlichen Aktivität der Studienteilnehmer im Alltag außerhalb der Studienintervention korreliert mit der Ausprägung ihrer Ausdauerleistungsfähigkeit.
- Hypothese 5: Das Training der Intervention ist trotz Medikation und persistierender Symptomatik durchführbar, allerdings muss es in akuten Phasen der Erkrankung unterbrochen werden.
- Hypothese 6: Die Interventionen werden von den Patienten gut angenommen und es besteht das Interesse an einer Fortführung eines Sportangebots.
- Hypothese 7: Trotz der Durchführbarkeit und Akzeptanz durch die Patienten und deren Wunsch, nach Abschluss der Intervention eigenverantwortlich mehr Bewegung in das Alltagsleben zu integrieren, gelingt dies nicht in einem trainingswirksamen Umfang, sodass die Ausdauerleistungsfähigkeit bei den Nachuntersuchungen nach 3- und 9-monatiger Pause wieder geringer ausfällt als direkt nach Trainingsende.

- Hypothese 8: Es finden im Rahmen des Ausdauertrainings Veränderungen auf zerebraler Ebene statt, die sich u.a. als eine Zunahme des Hippocampusvolumens äußern. Die Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit korreliert mit einer Zunahme des Hippocampusvolumens.
- Hypothese 9: Das Hippocampusvolumen der Patienten ist vor Aufnahme der Studienintervention geringer als bei den gesunden Kontrollprobanden und korreliert mit der Bewegungsaktivität vor Beginn der Intervention.
- Hypothese 10: Das psychosoziale Funktionsniveau der Patienten verbessert sich im Rahmen der Intervention. Die Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit korreliert mit einer Zunahme des psychosozialen Funktionsniveaus.

3 Methodik

Im Kurzüberblick stellt sich das Studiendesign der Studie „Exercise II“ als kontrollierte, dreiarmlige Studie mit einer Versuchsgruppe („Schizophrenie Ausdauer“) und zwei Kontrollbedingungen („Schizophrenie Tischfußball“ und „Gesunde Ausdauer“) mit je 21 bis 23 Absolventen (Completern) dar. Abbildung 3.1 stellt die Gruppen graphisch dar. Die Studie erhielt von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Universitätsmedizin Göttingen ein positives Ethikvotum (Antragsnummer 20/2/09).

Abb. 3.1. Gruppen der Studie „Exercise II“

Für jeden Probanden dauerte die Studie ca. ein Jahr. Auf eine Screening-Phase (s. Abschnitt 3.3.1) und das schriftliche Einverständnis der Teilnehmer folgten die Voruntersuchungen (Visite 1), die 12-wöchige Interventionsphase, Untersuchungen nach der Hälfte der Interventionsphase (Visite 2) und drei Nachuntersuchungen 3 Monate (Visite 3), 6 Monate (Visite 4) und 12 Monate (Visite 5) nach Studienbeginn, wie der Zeitstrahl (s. Abbildung 3.2) zeigt.

Abb. 3.2. Zeitlicher Studienverlauf für einen Probanden

3.1 Probanden

Im Rahmen der Rekrutierung wurden 64 Patienten informiert und nach Einholen des schriftlichen Einverständnisses eingeschlossen. Im Anhang werden Ein- und Ausschlusskriterien gezeigt (s. Abbildung A.2). Es handelt sich um Patienten aus Göttingen und näherer Umgebung, bei denen die Diagnose Schizophrenie (F20) auf der Basis der Kriterien der ICD-10 (Dilling, 2005) gestellt und eine stabile Psychopathologie und gleichbleibende Medikation während der Screeningphase bestätigt wurde. Die nach der Screeningphase verbliebenen 52 Patienten wurden zwei Gruppen zugeordnet: Der Ausdauergruppe ($n = 25$) oder der Tischfußballgruppe ($n = 27$).

Für die zweite Ausdauergruppe wurden 36 Interessenten, die über verschiedene Medien oder Aushänge zufällig in Göttingen auf das Angebot der Studie aufmerksam geworden waren und sich freiwillig zur Teilnahme bereit erklärten, als gesunde Kontrollprobanden eingeschlossen. Aus den insgesamt fast 200 Interessenten wurden hinsichtlich Geschlecht, Händigkeit und Alter zu den Patienten der Ausdauergruppe passende Kontrollprobanden ausgewählt, sodass keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen bei Geschlecht, Händigkeit und Alter entstehen konnten. Ausschlusskriterien für ihre Teilnahme als gesunde Kontrollprobanden waren eine Abweichung im Alter um mehr als 5 %, körperliche Erkrankungen, die ein Ausdauertraining ausschließen würden, psychische Erkrankungen und ein systematisches Ausdauertraining im Vorfeld. Auch hier reduzierte sich die Anzahl der Teilnehmer im Verlauf der Screeningphase, sodass eine Gruppengröße von $n = 27$ zustande kam.

Tabelle 4.1 im Ergebnisteil zeigt die Reduktion der Probandenzahlen durch Dropouts, während Tabelle 4.2 die Probanden, die die Intervention abgeschlossen haben, genau charakterisiert. U. a. Alter und Körpermasse, Bildungsniveau und Berufstätigkeit, körperliche Aktivität und für die Patienten Erkrankungsdauer und Medikation werden dort angegeben und auf signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen untersucht.

3.2 Intervention

Die Intervention der Studie „Exercise II“ setzte sich aus kognitivem Training und je nach Gruppenzugehörigkeit aus Ausdauer- oder Tischfußballtraining unter der Leitung der Autorin zusammen. Die Interventionsdauer betrug für jeden Studienteilnehmer 12 Wochen, in denen 36 Einheiten Ausdauer- oder Tischfußballtraining angeboten wurden. In der zweiten Hälfte der 12 Wochen, also von Woche 7 bis 12 wurden zwölf Einheiten kognitives Training angeboten. Tabelle 3.1 zeigt den zeitlichen Ablauf der Intervention für die drei Gruppen.

Tab. 3.1. Zeitlicher Ablauf der Intervention

Gruppe	Woche 1 bis 6	Woche 7 bis 12
Schizophrenie Ausdauer	Ausdauer	Ausdauer Kognitives Training
Gesunde Ausdauer	Ausdauer	Ausdauer Kognitives Training
Schizophrenie Tischfußball	Tischfußball	Tischfußball Kognitives Training

Für Ausdauer- und Tischfußballgruppen galten folgende Trainingsparameter gleichermaßen:

- Interventionsdauer: 12 Wochen,
- Trainingshäufigkeit: 3 Einheiten pro Woche,
- Trainingsumfang: 30 Minuten.

3.2.1 Ausdauertraining

Eine Interventionsgruppe mit Schizophreniepatienten und eine zweite Gruppe mit gesunden Kontrollprobanden trainierten zwölf Wochen lang drei Mal wöchentlich auf drehzahlunabhängigen Fahrradergometern (ergo_bike premium8, daum electronic GmbH, Fürth, Deutschland).

Beim Training wurde mit 50 bis 100 Umdrehungen und einem konstanten Widerstand 30 Minuten auf einem Radergometer gefahren. Dabei wurde sowohl die Herzfrequenz mit Brustgurten (Accurex Plus und T31, Polar Electro Oy, Kempele, Finnland) erfasst als auch das Anstrengungsempfinden mit der *RPE*-Skala (Rating of Perceived Exertion) von Borg und Noble (1974) abgefragt und protokolliert (s. Abbildung A.3 im Anhang). Nach 6 Wochen Training wurde die Laktatkonzentration aus Kapillarblut des rechten Ohrläppchens mittels Lactate SCOUT Solo Plus (SensLab GmbH, Leipzig, Deutschland) analysiert. Die exakte Zeitdauer des Trainings wurde manuell mit Stoppuhren (Stopstar 2, A. Hanhart GmbH & Co. KG, Gütenbach, Deutschland) gemessen. Die Raumtemperatur wurde zu Beginn jeder Einheit von einem Thermometer (Innen- und Außenthermometer, Dirk Rossmann GmbH, Burgwedel, Deutschland) abgelesen und protokolliert.

Für das Training mit dem Ziel die allgemeine aerobe, dynamische Ausdauer zu verbessern wurde die extensive kontinuierliche Dauermethode gewählt (Hottenrott & Neumann, 2008; Schnabel, Harre & Krug, 2011; Hottenrott & Neumann, 2014). Die Charakterisierung erfolgt anhand eines Strukturierungsschemas der Ausdauer (vgl. Magisterarbeit zur methodischen Analyse des Ausdauertrainings Keller (15.02.2011, S. 60), theoretische Darstellung z. B. in Hottenrott und Neumann (2014)).

- Zeitdauer der Belastung: Langzeitausdauer (1),
- vorwiegende Energiebereitstellung: aerobe Ausdauer,
- Umfang der beanspruchten Muskulatur: allgemeine Ausdauer,
- Arbeitsweise der Muskulatur: dynamische Ausdauer,
- Bezug zu anderen Fähigkeiten: evtl. Kraftausdaueranteil,
- Belastungsbereich: Grundlagenausdauer 1 (GA 1).

Die Trainingssteuerung war auf die individuelle Anpassung der Intensität an die Trainingsfortschritte der Interventionsteilnehmer beschränkt (Beurteilung anhand von Herzfrequenz, *RPE*-Werten und der Laktatkonzentration), nachdem die Leistung für die ersten Trainingswochen anhand der Daten der Belastungsuntersuchung bei Visite 1 festgelegt worden war. Um sicherzustellen, dass das Training im vorwiegend aeroben Stoffwechselbereich durchgeführt würde, wurden Laktatkonzentrationen von ca. 2 mmol/l angestrebt. Zusätzlich zum Anstrengungsempfinden musste die grundsätzliche Einstellung zum Training Beachtung finden, um eine ausreichende Compliance zu gewährleisten. Kontrolllaktat-Messungen wurden nach Bedarf und standardisiert nach 6 Wochen vorgenommen. Insgesamt fanden 106 Intensitätsanpassungen statt, darunter nur 3 Verringerungen der Intensität (2 als Reaktionen auf eine anhand der Leistungsdiagnostik zu hoch angesetzte Anfangsintensität und eine Verringerung als Reaktion auf den Bericht von ab einem bestimmten Tretwiderstand auftretenden Knieschmerzen). Durchschnittlich wurden $2,4 \pm 1,2$ Anpassungen innerhalb der 12 Wochen durchgeführt. Bis zur ersten, nächsten oder nach der letzten Anpassung wurden im Mittel 11 ± 6 Trainingseinheiten absolviert. Die Steigerungen der Leistung betrugen im Durchschnitt prozentual $7,8 \pm 1,1$ % der jeweiligen vorhergehenden Leistung.

Für fast alle Studienteilnehmer war das Fahrradfahren eine aus dem Alltag gewohnte Betätigung, für alle war es eine bereits beherrschte Tätigkeit. Die Anforderung an die koordinativen Fähigkeiten ist daher nicht besonders hoch. Trotz Beteiligung der Rumpf- und Schultergürtel- bzw. Armmuskulatur durch die Aufrechterhaltung der Sitzposition und das Abstützen auf dem Lenker liegt der Schwerpunkt der Muskelarbeit natürlich auf der Muskulatur der unteren Extremitäten.

Im Ergebnisteil finden sich die Auswertungen der erhobenen Trainingsparameter, was eine genaue Kontrolle des geplanten Trainings ermöglicht. Ein Ablaufprotokoll zur Standardvorgehensweise bei Ausdauertrainingseinheiten befindet sich im Anhang (s. Tabelle A.3).

Die Kenntnis der Trainingsbedingungen ist wichtig für die Interpretation der Ergebnisse und Feststellung möglicher Limitationen.

Für die Durchführung der Studie wurde ein 17,4 Quadratmeter großer Trainingsraum im Untergeschoss der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie eingerichtet. Trotz eines Fensters war künstliche Beleuchtung in Form von Leuchtstoffröhren hier zu jeder Tageszeit notwendig. Mit vier Ergometern bot der Raum für vier Interventionsteilnehmer die Möglichkeit gleichzeitig zu trainieren. Eines dieser Geräte sowie den Trainingsraum und den Bildschirm am Cockpit des Ergometers zeigt Abbildung 3.3. Auf diesem Bildschirm konnte der Verlauf des Trainings graphisch nachverfolgt werden. Der Raum war mit Blumen und Bildern gestaltet und eine Versorgung mit Handtüchern und Getränken war

gewährleistet, um eine angenehme Atmosphäre und ein Mindestmaß an Komfort zur Steigerung der Compliance zu bieten. Das Training im Innenraum war von Wetter- und Witterungsbedingungen weitgehend unbeeinflusst. Die durchschnittliche Innentemperatur betrug $21,2 \pm 1,0^\circ\text{C}$. Trotz zeitlicher Staffelung der Interventionsphasen der beiden Gruppen zeigten sich keine signifikanten Temperaturunterschiede für Patienten- und Kontrollgruppe beim Ausdauertraining ($p = 0,667$). Ab einer Innentemperatur von 23°C wurde ein Standventilator genutzt.

Abb. 3.3. Fotos eines Trainingsgeräts (a), des Trainingsraums (b) und des Cockpits eines Ergometers (c) aus der Ausdauerintervention

Es wurde in Zweier- bis Vierergruppen oder alleine, jedoch immer unter Aufsicht von Mitarbeitern der Studie (K. K., R. B. Studenten der Sportwissenschaft), trainiert und Konversationen während des Trainings – auch mit dem Studienpersonal – fanden statt, sodass das Training auch eine soziale Komponente aufwies. Die Studienteilnehmer absolvierten das Training in normaler Kleidung oder in Sportbekleidung. Das Training fand individuell an unterschiedlichen Wochentagen und zu unterschiedlichen Tageszeiten statt, was hinsichtlich der zirkadianen Rhythmik der Leistungsfähigkeit beachtet werden muss.

Es galten die Kontraindikationen und Abbruchkriterien nach Steinacker, Liu und Reißnecker (2002). Es war zu jedem Zeitpunkt möglich, das Training zu unterbrechen oder abubrechen. Trainingsunterbrechungen und -abbrüche wurden protokolliert.

Eine Trainingseinheit dauerte insgesamt ca. 45 Minuten, sodass sich für die Probanden ein wöchentlicher Zeitaufwand von ca. 135 Minuten ergab.

Es erfolgte eine sorgfältige Trainingsdokumentation mit einem Protokollbogen (s. Abbildung A.4), der alle wichtigen Daten von jeweils neun Einheiten zusammenfasst. Drei Herzfrequenz- und *RPE*-Werte wurden in der 8. bis 10., 18. bis 20. und 28. bis 30. Minute des Trainings protokolliert und die Trainingsbedingungen notiert.

Die Ergometer zeichneten verschiedene Werte – auch die Herzfrequenz – während des Trainings auf einer personenbezogenen Speicherkarte (ergo_memo-card2, daum electronic GmbH, Fürth, Deutschland) auf. Diese wurden gesichert, über die Software ergo_win premium pro (daum electronic GmbH, Fürth, Deutschland) als Textdatei exportiert und mit Microsoft Office Excel 2010 (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA) weiterbearbeitet. Einmal pro Woche wurden Einzelauswertungen jeder Einheit erstellt sowie eine zusammenfassende Gesamtauswertung aller absolvierten Einheiten ergänzt. Die manuell erfassten Daten zu Herzfrequenz, Anstrengungsempfinden, Beobachtungen und Trainingsbedingungen wurden digitalisiert sowie Mittel- und Maximalwerte von Herz- und Trittfrequenzen berechnet und als Kurve über der Zeit dargestellt.

Daten von Studienteilnehmern, die die Intervention vorzeitig abbrachen oder eine zu geringe Anwesenheit zeigten, wurden von der statistischen Analyse ausgeschlossen. Die Trainingsphase galt hierzu erst bei einer Teilnahme an mindestens 75 % der angebotenen 36 Trainingstermine als vollendet.

3.2.2 Tischfußballtraining

Eine dritte Interventionsgruppe mit Schizophreniepatienten spielte zwölf Wochen lang drei Mal wöchentlich 30 Minuten Tischfußball. In Orientierung an der Vorgehensweise bei der Ausdauerintervention wurden beim Tischfußball folgende Aspekte eingeführt:

- Kontinuierliche Messung der Herzfrequenz,
- dreimalige Abfrage der *RPE*-Skala,
- einmalige Messung der Laktatkonzentration nach 6 Interventionswochen,
- Trainingsdokumentation und Auswertung.

Während der Tischfußball-Einheiten erfolgte eine Protokollierung der Temperatur (Innen- und Außenthermometer, Dirk Rossmann GmbH, Burgwedel, Deutschland), *RPE*-Werte und Herzfrequenzwerte, die jeweils in der 8. bis 10., 18. bis 20. und direkt bei Beendigung des Tischfußballspiels abgefragt wurden. Des Weiteren wurde protokolliert, ob die Probanden zu zweit, zu dritt oder zu viert spielten. Bei mehr als zwei Teilnehmern wurde die Mannschaftszusammensetzung gewechselt. Die Herzfrequenz wurde im 5-Sekunden-Intervall mit Brustgurten und Uhren der Firma Polar (Accurex Plus, Polar Electro Oy, Kempele, Finnland) aufgezeichnet und wöchentlich ausgewertet. Nach sechs Wochen fand analog zum Ausdauertraining ein Laktattest mit dem Lactate SCOUT Solo Plus statt. Die Patienten hatten jederzeit die Möglichkeit das Training zu unterbrechen oder abzubrechen. Es galten die Kontraindikationen und Abbruchkriterien nach (Steinacker et

al., 2002). Alle Unterbrechungen und Abbrüche und ebenso die Trainingsdauer wurden manuell mit Stoppuhren (CG-501 Stopwatch, Genutek Electronics Co., Ltd, Huizhou city, China) erfasst und protokolliert.

Bei der Durchführung der Tischfußballintervention dienten Kickertische als Spielgeräte, deren Spielfelder dem Fußballfeld nachempfunden sind. Möglich ist das Spiel zu zweit oder zu viert, also im Einzel oder Doppel, wobei ein Spieler entweder die Spielfiguren einer ganzen Mannschaft oder jeweils nur die Offensive oder Defensive betätigt. Tischfußball ist ein Spiel, bei dem ein Ball durch Drehen von an Stangen befestigten Spielfiguren ins gegnerische Tor geschossen werden muss. Die Hauptanforderungen sind den Ball präzise und schnell zu bewegen und auf variable Spielsituationen zu reagieren. Tischfußball wird im Stehen mit beiden Händen gespielt. Daher ist die Rumpf- und Beinmuskulatur zur Erhaltung der aufrechten Position und die Muskulatur des Schultergürtels und der oberen Extremitäten an der Ausübung beteiligt. Da die Drehstangen sehr leicht gängig sind und der Ball eine geringe Masse hat, sind keine großen Krafteinsätze notwendig. Vielmehr kann der Gegner durch Technik, taktisches Handeln und Schnelligkeit besiegt werden.¹

Das Tischfußballspielen in der Studienintervention erforderte von den Patienten ein hohes Maß an Konzentration, Koordination, Schnelligkeit und sozialen Fähigkeiten. Anders als beim Training auf dem Fahrradergometer entsteht kein Ausdauertrainingsreiz, sodass sich die Interventionsformen hier grundlegend unterscheiden. Am Beispiel der Strukturierung in konditionelle und koordinative Fähigkeiten nach Gundlach (1968) zeigt sich als Unterscheidungsmöglichkeit, dass bei der Ausdauerintervention energetische Prozesse im Vordergrund standen, während beim Tischfußball die Bewegungssteuerung und -regelung mit informationellen Prozessen bedeutsamer waren. Es lassen sich weitere Unterschiede ausmachen: Die Konzentration auf das Tischfußballspiel lässt andere Gedanken in den Hintergrund treten und bringt emotionale Reaktionen auf Situationen wie Sieg oder Niederlage mit sich. Das Spiel ist im Gegensatz zur zyklischen Bewegung des Radfahrens abwechslungsreich durch ständig wechselnde Spielsituationen, Spielstände, Mannschaftszusammensetzungen und auch durch den Wechsel von Spielpositionen und Seiten. Wird zu viert gespielt, müssen sich die Spieler zusätzlich auf einen Mitspieler einstellen und in soziale Interaktion mit ihm treten. Dies trifft auch auf die Gegner zu. Laut Deutscher Tischfußballbund (2010, S.3) ist dieses Spiel integrativ und „fördert die Aneignung sozialer Kompetenzen“. Gerade für Patienten, die eher zurückgezogen leben, bedeutet dies eine Vielzahl unterschiedlicher Reize, die möglicherweise einen deutlichen Gegensatz zum Alltagsleben darstellen.

Neben der „Förderung sozialer Kompetenzen“ (Deutscher Tischfußballbund, 2010, S.16) spricht der DTFB dem Tischfußball auch eine „Schulung der motorischen Fähigkeiten“ (Deutscher Tischfußballbund, 2010, S.16), vor allem der koordinativen Fähigkeiten, zu. Legt man die häufig verwendete (z. B. Meinel & Schnabel, 1998) und ursprünglich an den Sportarten Fußball, Boxen, Geräteturnen und Schwimmen erarbeitete Strukturierung in sieben koordinative Fähigkeiten von Blume (1978) zugrunde, lassen sich die Anforderungen so beschreiben: Für die Ausführung der im Tischfußball benötigten motorischen Fertigkeiten ist es Voraussetzung, mit beiden Händen bzw. Armen

¹Bei professionellem Spiel unter Wettkampfbedingungen können die Anforderungen variieren.

unabhängig voneinander unterschiedliche Bewegungen durchführen zu können, die sinnvoll abgestimmt werden müssen (Kopplungsfähigkeit). Eine Abstimmung ist auch bei einzelnen Bewegungsphasen (wie z. B. Aushol- und Schussphase) notwendig und auch die eingesetzte Kraft muss präzise gesteuert werden (Differenzierungsfähigkeit). Die hohen Geschwindigkeiten des Balls erlauben nur kurze Reaktionszeiten auf primär optische, aber auch akustische und taktile Signale (Reaktionsfähigkeit) und machen ein Antizipieren zukünftiger Spielaktionen notwendig. Hierbei müssen oft mehrere Signale wie Bewegungen des Spielgerätes, des Balls, der Mitspieler und Gegner gleichzeitig wahrgenommen werden und aus verschiedenen Wahlmöglichkeiten eine Reaktion gewählt werden. Der schnelle Wechsel zwischen Defensive und Offensive erfordert ein schnelles Anpassen der Bewegungshandlung an die wechselnden Spielsituationen (Umstellungsfähigkeit).

Ein differenziertes Anforderungsprofil bezüglich des koordinativen Anspruchs ergibt sich durch Anwendung des Strukturierungsmodells von Neumaier und Mechling (1995, S. 15):

- Informationsquellen: vorwiegend optisch, aber auch taktil und akustisch,
- Genauigkeitsanforderungen: sehr hoch,
- verfügbare Bewegungszeit: sehr gering,
- Bewegungskomplexität: hoch,
- Umwelтанforderungen: stark variabel,
- konditionelle Belastung: sehr niedrig.

Das Planen und Durchführen der einzelnen Bewegungen muss möglichst schnell erfolgen, sodass verschiedene Formen der Schnelligkeit ebenfalls gefordert werden. Hervorzuheben sind hier die eng mit dem koordinativen Fähigkeitskomplex verknüpfte Reaktionschnelligkeit aufgrund der hohen Ballgeschwindigkeiten und die Antizipationsschnelligkeit zur Vorwegnahme nachfolgender Spielaktionen. Sowohl azyklische Einzelbewegungen, wie ein Schuss mit dem Torwart, als auch komplexe Bewegungskombinationen (mit Wahlreaktionen) müssen maximal schnell durchgeführt werden (azyklische Bewegungsschnelligkeit, Handlungsschnelligkeit) (Bauersfeld, 1986; Lühnenschloß & Dierks, 2005).

Kenntnis und Anwendung verschiedener Taktiken (kognitive Fähigkeiten) gehören zum Tischfußballspiel ebenso wie die bereits erwähnten sozialen Fähigkeiten zum Teamspiel und eine psychische Komponente durch das Erleben von Sieg und Niederlage sowie möglicherweise auch eine Art Erfolgsdruck. In Anbetracht der zum Teil durch Antriebschwäche geprägten Symptomatik und dämpfenden Medikation sind auch motivationale und emotionale Aspekte nicht zu vernachlässigen, die z. B. auch einen Einfluss auf die Schnelligkeitsleistungen haben (Lühnenschloß & Dierks, 2005).

Gespielt wurde an einem Leonhart Soccer (Leonhart Betriebs GmbH, Pilsting/Harburg, Deutschland) und einem Löwen Soccer von Lehmacher (Billardbau Lehmacher, Tecball.com GmbH, Neuwied, Deutschland) in gebrauchtem, aber gut funktionstüchtigem Zustand in einem öffentlichen Raum der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie, der sowohl Patienten als auch Personal zugänglich war. Die eingefügten Fotografien (s. Abbildung 3.4) zeigen Spieltisch und Umgebung. Künstliche Beleuchtung war bei

Dunkelheit in den Abendstunden notwendig. Die Raumtemperatur betrug $22,9 \pm 1,6^\circ\text{C}$. Dies stellt einen statistisch signifikanten Unterschied zu den Trainingsbedingungen der Ausdauer-Patientengruppe dar ($p < 0,001$). Unterhaltungen beim Tischfußball waren erlaubt, fanden aber immer nur zeitweise statt, da sie die Konzentration der Spieler auf das Spielgeschehen deutlich reduzierten. Da in der Gruppe trainiert wurde, ist auch eine soziale Komponente der Treffen nicht zu vernachlässigen. Auch die körperliche Nähe der Spieler untereinander ist von Bedeutung. Der Wettkampfcharakter des Spiels ist ebenfalls ein wesentlicher Bestandteil des Tischfußballs, eine Betonung des Konkurrenzgedankens wurde aber vermieden. Die Tischfußballeinheiten fanden an den Werktagen zu unterschiedlichen Trainingszeiten und an unterschiedlichen Trainingstagen je nach Zeitplan der Probanden statt. Es wurde in Alltagskleidung gespielt, Handtücher und Getränke standen zur Verfügung. Die Trainingseinheiten mit einer Gesamtdauer von ca. 45 Minuten wurden vom Studienpersonal (K. K., Studenten der Sportwissenschaft) betreut. Der wöchentliche Zeitaufwand für die Patienten betrug somit ca. 135 Minuten.

Ein Ablaufprotokoll zur Standardvorgehensweise bei Tischfußballeinheiten befindet sich im Anhang (s. Tabelle A.4).

Abb. 3.4. Fotos des Tischfußballgerätes

Bei den Tischfußballeinheiten erfolgte eine Trainingsdokumentation vergleichbar zum Ausdauertraining. Trainingsbedingungen und *RPE*-Werte wurden mit der Hand auf einem Protokollbogen festgehalten (s. Abbildung A.5 im Anhang). Die Herzfrequenz wurde im 5-Sekunden-Intervall mit Brustgurten und Accurex Plus Uhren der Firma Polar aufgezeichnet und regelmäßig über das Polar INTERFACE PLUS (Polar Electro Oy, Kempele, Finnland) mit der Software Polar Precision Performance SW Version 4.03.040 2005 (Polar Electro Oy, Kempele, Finnland) gesichert und mit Microsoft Office Excel 2010 ausgewertet.

Für die Aufnahme der Ergebnisse in die Endauswertung wurde eine Teilnahme an mindestens 75 % der Einheiten festgelegt.

3.2.3 Kognitives Training

Innerhalb der Intervention fand für alle drei Interventionsgruppen auch ein computergestütztes kognitives Training statt. Dieses Training wurde nur in den letzten sechs Wochen, das heißt in der zweiten Hälfte der Interventionsphase, zusätzlich durchgeführt.

Das kognitive Training fand in diesem Zeitraum zwei Mal wöchentlich im Anschluss an die Ausdauer- bzw. Tischfußballtrainingseinheiten statt. Zwischen diesen Trainingseinheiten und dem kognitivem Training lagen minimal 10 Minuten und maximal 30 Minuten, in denen die Schizophreniepatienten und gesunden Kontrollprobanden selbstständig ihre Pause gestalten. Für das Training werden Computer (Optiplex 760/780, Dell, Round Rock, Texas, Vereinigte Staaten) mit der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland) genutzt. Es wurden alternierend Serien von fünf bzw. sechs unterschiedlichen Aufgaben durchgeführt. Insgesamt absolvieren die Probanden also elf verschiedene Übungsvarianten zum Teil mit vier bis zwanzig Unteraufgaben in einer Woche. Im Folgenden werden die Übungstypen² kurz beschrieben:

- „Augenzeuge“: Der Proband muss sich kurze Straßenszenen ohne Geräusche merken. Im Anschluss an die Szene wird mit multiple choice abgefragt, was in der Leuchtreklame beworben wurde, ob Schaufenster erleuchtet waren, wie viele Menschen an einer Ecke standen, welche Autos vorbeifuhren oder ob am Himmel Sterne waren.
- „Bildarchiv“: Bei dieser Übung geben die Probanden hintereinander gezeigten, sich bewegend Mustern (Chaosbildern) individuelle Namen. Diese müssen sie später per multiple choice den Bildern wieder richtig zuordnen.
- „Folge“: Hier wird eine lange Folge von im Abstand von 3 Sekunden aufeinanderfolgenden Monatsnamen gezeigt. Der Proband soll entscheiden, ob der aktuelle Monat im Ablauf des Jahres direkt auf den vorherigen folgen würde oder nicht. Bei vorliegender direkter Folge drückt der Proband die Plus- oder Minus-Taste der Tastatur oder die linke Maustaste.
- „Labyrinth“: Mit den Pfeiltasten der Tastatur oder der Maus hat der Proband hierbei die Aufgabe möglichst schnell durch ein Labyrinth zu einem Ausgang zu finden. Je nach Leistung steigert oder vermindert sich der Schwierigkeitsgrad.
- „Merken“: Bei diesem Übungstyp ist der Proband je nach Variante aufgefordert gezeigte Begriffe einer Einkaufsliste, Vornamensliste oder Formen zu reproduzieren. Dabei werden die Begriffe bei einer Variante gleichzeitig und bei der anderen je 5 Sekunden einzeln nacheinander gezeigt. Anschließend müssen die Begriffe frei reproduziert werden. Zwei andere Varianten des Aufgabentyps „Merken“ fordern das Einprägen und Reproduzieren von sogenannten 3er- oder 4er-Packs. Die vier eingepprägten Namen oder drei eingepprägten Formen müssen nach einer Pause von 10 Sekunden dann aus einer Liste von 12 Namen oder Formen mit Mausklick ausgewählt werden.

²Die Bezeichnungen der Übungen und Varianten im Folgenden wurden der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland) entnommen. Rechtschreibfehler in den Bezeichnungen wurden jedoch korrigiert und Abkürzungen zur besseren Verständlichkeit ausgeschreiben.

- „Neu oder nicht“: Der Proband muss bei je 5 Sekunden gezeigten Bildern mit künstlerischer Thematik entscheiden, ob das Bild zum ersten Mal oder zum wiederholten Mal gezeigt wurde. Meint er, das Bild zum wiederholten Mal zu sehen, zeigt er dies durch Drücken der Leertaste oder durch einen Mausklick.
- „Route“: Bei dieser Übung wird dem Probanden eine Route gezeigt, indem sich eine Markierung über eine schematisierte Karte bewegt, auf der Häuserblöcke als Vierecke zu sehen sind. Aufgabe ist es nun die Strecke mit der Maus nachzufahren und möglichst viele übereinstimmende Teilstrecken zu erzielen.
- „Schilderwald“: Dem Probanden wird langsam eine stilisierte Straße mit verschiedenen Verkehrsschildern und -teilnehmern gezeigt. Dabei wird eine Autofahrt simuliert. Nach der Szene werden mit Multiple-choice-Fragen zur Geschwindigkeitsbegrenzung, Gegenverkehr, Überholverbot und Vorfahrtregelung gestellt.

Am Ende jedes Übungstyps bekommen die Probanden ihre Ergebnisse angezeigt und haben die Möglichkeit sich Vergleichswerte anzusehen, die zeigen, wie die anderen Nutzer des Rechners bei dem jeweiligen Übungstyp abgeschnitten haben. Außerdem können vor bzw. während der Übungen Probedurchgänge und Hilfen wahrgenommen werden. Hierbei bezieht die Software in Anspruch genommene Hilfen in die Berechnung des Übungsergebnisses ein, während die Wahl eines Probedurchgangs keinen Einfluss auf das Ergebnis hat.

Tab. 3.2. Reihenfolge der Übungen des kognitiven Trainings mit der Aufzählung der Varianten und den Indikationen aus dem Textbuch der Übindikationen, das in der Software zur Verfügung steht (marker software, 2011)

Aufgabenname	Variantenname	Indikationen
„Merken“	Namen 4er-Packs	Störung der Merkfähigkeit, des Kurz- und Langzeitgedächtnisses
„Route“	Nachfahren mit Maus	Störung der Fähigkeit zur räumlichen Orientierung, des Kurzzeitgedächtnisses, der visumotorischen Koordination, des visuospatialen Arbeitsgedächtnisses, der Okulomotorik
„Merken“	Formen 3er-Packs	Merkfähigkeit, Kurzzeitgedächtnis, Langzeitgedächtnis
„Schilderwald“	langsam	Störungen der Daueraufmerksamkeit, des Kurzzeit- und visuospatialen Arbeitsgedächtnisses
„Merken“	Einkaufsliste einzeln	Störungen der Merkfähigkeit, des Kurz- und Langzeitgedächtnisses
„Labyrinth“	adaptiv	Störung der Fähigkeit zur räumlichen Orientierung, der Visumotorik, des visuospatialen Arbeitsgedächtnisses, Training von Planen und Problemlösen
„Neu oder nicht“	Kunst	Störungen der Merkfähigkeit, der Daueraufmerksamkeit, der selektiven Aufmerksamkeit, des Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnisses, Training der Formwahrnehmung und Gegenstandserkennung
„Merken“	Namensliste 1 Page	Störungen der Merkfähigkeit, des Kurz- und Langzeitgedächtnisses
„Folge“	Monate	Störungen der Sprache, der Daueraufmerksamkeit, der selektiven Aufmerksamkeit
„Augenzeuge“	ohne Sound	Störungen der Merkfähigkeit, der Aufmerksamkeit, des Kurzzeitgedächtnisses, der Okulomotorik
„Bildarchiv“	Chaos multiple choice	Störungen des Kurzzeitgedächtnisses, Training der Wahrnehmung und Farberkennung

Die folgende Abbildung (s. Abbildung 3.5) zeigt beispielhaft Screenshots der Aufgabe „Augenzeuge“. Die Screenshots der anderen Aufgaben befinden sich im Anhang (s. Abbildungen A.7 bis A.16).

Abb. 3.5. Exemplarische Screenshots der Übung „Augenzeuge“ aus der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)

Das kognitive Training wurde in einem Raum mit ergotherapeutischer Nutzung in der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie unter Aufsicht durch das Studienpersonal an einem der vier Computer des Raumes durchgeführt (Raum und Geräte s. Abbildung A.6 im Anhang). Die meisten Probanden absolvierten das Training selbstständig ohne Eingreifen des Studienpersonals. Gerade bei den ersten Durchgängen wurden zusätzliche Hilfestellungen bei der Programmbenutzung jedoch bei Bedarf gegeben. Das Lösen der Aufgaben selbst erfolgte immer ohne Hilfe. Eine Trainingseinheit nahm ca. 30 bis 45 Minuten in Anspruch.

Die Software speicherte detaillierte Ergebnisse der einzelnen Übungen. Aspekte der Organisation und des Ablaufs wurden manuell protokolliert. Die Ergebnisse wurden mit der Software Microsoft Office Excel 2010 weiter bearbeitet. In die Auswertungen zum Trainingsfortschritt wurden nur Trainingsdaten von Übungen aufgenommen, die von den Probanden mindestens 4 Mal durchgeführt wurden. Also wurde für diesen Teilbereich die Teilnahme an 8 von 12 Terminen für eine Auswertung der Cogpack-Ergebnisse vorausgesetzt. Für die Bestimmung eines möglichen Trainingsfortschritts wurde aus dem ersten und zweiten Durchgang einer Übung ein Mittelwert gebildet (Mittelwert 1) und mit dem Mittelwert des vorletzten und letzten Durchgangs (Mittelwert 2) verglichen. Positive Prozentwerte zeigen hierbei einen Trainingsfortschritt, während negative eine Verschlechterung bedeuten.

3.3 Untersuchungs- und Auswertungsverfahren

Die Untersuchungen der Studie „Exercise II“ fanden in Blöcken, sogenannten Visiten, statt. Das Screening stellt die Visite 0 (V 0) dar, die Voruntersuchungen Visite 1 (V 1), die Untersuchungen Visite 2 (V 2) bis 5 (V 5). Nicht alle Untersuchungen fanden zu jeder Visite statt. Die nachfolgende Tabelle 3.3 zeigt den zeitlichen Ablauf.

Tab. 3.3. Zeitlicher Ablauf der Untersuchungen zu den verschiedenen Messzeitpunkten/Visiten (*x* = Untersuchung fand statt; (*x*) = Untersuchung fand in eingeschränktem Umfang statt, s. Abschnitt 3.3.6)

Art der Untersuchung Zeitpunkt	Visite 0 -2 wk	Visite 1 0	Visite 2 6 wk	Visite 3 12 wk	Visite 4 6 mo	Visite 5 12 mo
Bewegungsanamnese		x		x	x	x
Belastungsuntersuchung		x		x	x	x
kognitive Testung		x	x	x	x	x
Arztgespräch	x	x	x	x		
allgemeine Untersuchung	x	x	x	x	x	(x)
MRT		x	x	x	x	

Die Untersuchungen decken verschiedene Bereiche ab. Sie geben Auskunft über körperliche und kognitive Leistungsfähigkeit, Funktion und Struktur des Gehirns, Krankheits- bzw. Symptomschwere und -verlauf und weitere Aspekte wie Körpermasse, Medikation, Rauch- und Bewegungsgewohnheiten.

3.3.1 Screening

Im Screening (Visite 0) wurden einige Untersuchungen durchgeführt, um über die Eignung der Schizophreniepatienten und gesunden Kontrollprobanden für die Studie zu entscheiden und Basisdaten zu erheben. Diese Voruntersuchungen setzten sich aus einem Diagnose-Interview (Mini-International Neuropsychiatric Interview Plus (M.I.N.I. Plus) im Arztgespräch, mit der Bearbeitung der Skala für positives und negatives Syndrom (PANSS), Scale for Assessment of Negative Symptoms (SANS), der Calgary Depression Scale for Schizophrenia (CDSS), Clinical Global Impression (CGI), Global Assessment of Functioning (GAF), der Social Adjustment Scale (SAS II), soziodemographischen Fragen, der Feststellung der Händigkeit und körperlicher Erkrankungen, der allgemeinen Untersuchung (Vitalparameter, Blutdruck, Körpergröße und -masse, Taillenumfang, Medikationsabfrage und Blutabnahme für Laborparameter, Urinprobe), einer Elektrokardiographie (EKG) und einer Elektroenzephalographie (EEG) zusammen. Zu Beginn der Visite 0 erfolgte auch die Aufklärung und schriftliche Einwilligung der Probanden zur Teilnahme an der Studie.

3.3.2 Bewegungsanamnese

Mit einem speziellen Fragebogen wurde von der Autorin eine detaillierte Bewegungsanamnese durchgeführt (s. Abbildung A.17 im Anhang). Im Bewegungsanamnesege­spräch wurde die körperliche Tätigkeit im Beruf und Bewegungsaktivitäten in der Freizeit sowie bei regelmäßigen sportlichen Tätigkeiten erhoben. Dabei wurde jeweils nach den Aktivitäten in den letzten vier Wochen und nach Aktivitäten im Zeitraum davor gefragt. Für alle genannten Aktivitäten wurde notiert mit welcher Intensität, Häufigkeit und Dauer sie ausgeübt wurden sowie für welchen Zeitraum die Angaben zutrafen. Neben Alter, Körpergröße und -masse, Geschlecht und Rauchgewohnheiten wurden im Bewegungsanamnesege­spräch auch Daten zur Berufstätigkeit und zur Art der Behandlung erfasst.

Im Ergebnisteil werden folgende Angaben zur körperlichen Aktivität präsentiert:

- Dauer der Alltagsaktivitäten in der Freizeit,
- Dauer der sportlichen Aktivitäten,
- Dauer der Sporttherapie,
- Dauer der körperlichen Aktivität im Berufsleben,
- Art der Bewegungsaktivitäten,
- Anzahl der Sport treibenden Probanden,
- wahrgenommene Änderungen im Umfang der Bewegung.

Der Fragebogen zur Bewegungsanamnese diente der Datenerhebung für die Analyse der Bewegungsgewohnheiten und des Aktivitätsniveaus sowie zur Auswahl der Anfangsstufe in der Belastungsuntersuchung. Die Abfrage ermöglichte es, Veränderungen aller Untersuchungsparameter auf Veränderungen der körperlichen Aktivität außerhalb der Studienintervention zu kontrollieren, auch wenn es nicht möglich ist, Wirkungen der Studienintervention von Wirkungen von Bewegungsaktivitäten im Alltag exakt abzugrenzen.

Bei der Visite 3 und 4 wurden im Anschluss an die Bewegungsanamnese Bögen zur schriftlichen Evaluation der Intervention gereicht (s. Abbildungen A.18 und A.19 im Anhang). Bei Visite 4 wurde dieser Bogen nur bei der Ausdauer-Patientengruppe eingesetzt. Hier wurde zusätzlich erfragt, ob die Patienten Interesse an zukünftigen sporttherapeutischen Angeboten hätten.

3.3.3 Belastungsuntersuchung

Vor und nach der Interventionsphase sowie in zwei weiteren Nachuntersuchungen nach 3 und 9 Monaten wurden spiroergometrische Stufentests als leistungsdiagnostische Untersuchungen auf einem Fahrradergometer durchgeführt. Diese Vita maxima-Untersuchungen wurden in einem ebenerdigen Raum mit großer Fensterfront im Institut für Sportwissenschaft Göttingen von Mitarbeitern des Schwerpunktbereichs Sportmedizin der Universitätsmedizin Göttingen (Ärztin U. H.-V., medizinisch-technische Assistentin S. A., Sportwissenschaftler B. A.) und der Autorin durchgeführt. Bei Untersuchungen der

Visite 1 war zusätzlich ein Arzt der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie anwesend (B. M., H. F., J. H., S. D. oder T. F.).

Die Anfangsleistung der Belastungsuntersuchung wurde anhand der in den Bewegungsanamnesegesprächen erhaltenen Informationen zum Trainingszustand der Testperson bestimmt. Bei einer gleichbleibenden Stufenhöhe von 25 Watt waren mögliche Anfangsstufen 25 Watt, 50 Watt oder 75 Watt. In allen späteren Untersuchungen eines Probanden wurde zur Vergleichbarkeit nach dem Programm der ersten Untersuchung verfahren.

Nach einer Blutdruckmessung (Riva-Rocci-Methode) im Sitzen, Instruktionen und der Einstellung des Fahrradergometers ergoselect 200 K (ergoline GmbH, Bitz, Deutschland) sowie dem Anlegen der notwendigen Gerätschaften begannen die Stufentests mit einer Vorstartphase. Über den folgenden Verlauf der Untersuchung wurden die Atemgase mit dem Spiroergometrie-System METAMAX 3B (Cortex Biophysik GmbH, Leipzig, Deutschland) kontinuierlich angezeigt und aufgezeichnet. Mit Brustgurten der Firma Polar (T31, Polar Electro Oy, Kempele, Finnland) wurde die Herzfrequenz über die ganze Untersuchung erfasst. In der dritten Minute jeder Stufe ca. bei 02:20 min ab Stufenbeginn erfolgte die Blutabnahme aus dem hyperämisierten Ohrläppchen (Finalgon Extra Stark, Boehringer Ingelheim Pharma GmbH & Co. KG, Ingelheim am Rhein, Deutschland) zur Analyse der Laktatkonzentration mit dem Lactate SCOUT Solo Plus (SensLab GmbH, Leipzig, Deutschland). Im Anschluss an die Blutabnahme wurde das subjektive Anstrengungsempfinden des Probanden auf der *RPE*-Skala nach Borg und Noble (1974) abgefragt, indem der Proband auf der ausgedruckten Skala mit dem Finger auf den entsprechenden Wert zeigte. Der Vita maxima-Test wurde durch den Probanden oder beim Eintritt von Abbruchkriterien durch die Untersucher beendet. Dabei galten die Abbruchkriterien und Kontraindikationen nach Steinacker et al. (2002). Auf den Abbruch des Tests folgte eine dreiminütige Nachbelastungsphase mit dem Widerstand der Anfangsstufe. Nach ca. 10 Minuten Pause wurde der Blutdruck erneut kontrolliert (s. o.). Der beschriebene Versuchsablauf und -aufbau ist in Abbildung 3.6 graphisch und im Anhang als Protokoll tabellarisch dargestellt (s. Tabelle A.5). Die Durchführung fand unter standardisierten und sicheren Bedingungen statt (s. auch Löllgen, 2005).

Abb. 3.6. Versuchsablauf und -aufbau der Belastungsuntersuchungen (Fotograf: B. A.)

Die Raumtemperaturen schwankten zwischen 19,9 °C und 26,0 °C (V 1: $22,4 \pm 1,1$ °C; V 3: $22,5 \pm 1,4$ °C). Der Mittelwert der Beträge der Differenzen zwischen V 1 und V 3 lag bei 1,7 °C. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Interventionsgruppen und Zeitpunkten ($p \geq 0,621$).

Bei der Wahl der Uhrzeiten (zwischen 9 Uhr und 18 Uhr) für die sich wiederholenden Untersuchungen eines Probanden wurde auf möglichst geringe Abweichungen geachtet. Dabei wurden Unterschiede in der Positionierung der Untersuchung im individuellen Tagesablauf der Probanden vermieden, um möglichst vergleichbare Bedingungen zu gewährleisten. Genaue Angaben bezüglich der zeitlichen Abweichung der Untersuchungen können jedoch wegen fehlerhaft gespeicherten Startzeiten der Tests in der Software nicht gemacht werden.

Das Cortex-Messsystem METAMAX 3B arbeitet mit einer Messgenauigkeit von $\pm 2\%$ für das Atemvolumen und $\pm 0,1$ Vol.-% für Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid. Auf einen regelmäßigen Austausch von Verschleißmaterialien und die vom Hersteller empfohlene Kalibrierung des Gerätes wurde geachtet (S. A.).

Die Bestimmung der Laktatkonzentration im Kapillarblut erfolgte mittels des Lactate SCOUT Solo Plus, der eine enzymatisch amperimetrische Bestimmungsweise aus Vollblut nutzt. Die Proben wurden innerhalb von ca. 15 s ausgewertet. Der vom Hersteller angegebene Variationskoeffizient (Standardabweichung in Relation zum Mittelwert) beträgt abhängig vom Konzentrationsbereich 3 bis 8 %. Es wurden an den unterschiedlichen Standorten der Messungen (beim Training und bei der Untersuchung) zwei verschiedene Geräte des gleichen Typs eingesetzt, wofür Tanner et al. 2010 eine Korrelation von $r = 0,95$ für die Messung der gleichen Blutprobe mit unterschiedlichen Geräten des gleichen Typs für den Lactate Scout angeben. Auf eine sorgfältige Durchführung der Messung hinsichtlich methodischer Gesichtspunkte wurde geachtet und Werte, bei denen dies nicht sichergestellt werden konnte, markiert und aus der Auswertung ausgeschlossen.

Neben der durch Geräte und Methode bedingten Variabilität der Messergebnisse, muss auch die biologische Variabilität beachtet werden. Für die Sauerstoffaufnahme im Bereich maximaler Leistungen wurde hier bei Wiederholungsuntersuchungen Variationskoeffizienten von 3 bis 5 % des Gesamtmittelwerts bestimmt (Katch, Sady & Freedson, 1982; Bagger, Petersen & Pedersen, 2003). In Anbetracht der großen Schwierigkeiten Variabilitätsquellen auszuschließen und der Tatsache, dass die angeführten Untersuchungen bei Ausdauerathleten stattfanden, können diese Werte nur als grobe Orientierung anerkannt werden. Die Variabilität von Messparametern der maximalen Leistung liegt laut Bagger et al. (2003) ebenfalls bei ca. 5 %, wohingegen für die Herzfrequenz im maximalen und submaximalen Bereich geringe Werte von 1,4 bzw. 2,7 % angegeben werden (Bagger et al., 2003, S. 437), was auch durch andere Untersuchungen bestätigt wurde (Saunders, Pyne, Telford & Hawley, 2004). Während die submaximale Laktatkonzentration in beiden Studien einen sehr hohen Variationskoeffizienten von fast 24 % aufweist, bestätigen andere Autoren dennoch die Reliabilität von Laktatdiagnostischen Maßnahmen mit Intraklassen-Korrelationskoeffizienten von 0,98 bis 0,99 (Pfitzinger & Freedson, 1998, S. 349).

Folgende Parameter wurden bei der Untersuchung erhoben:

- Leistung (P),
- Atemfrequenz (AR),
- Atemzugvolumen (V_T),
- Atemminutenvolumen ($\dot{V}_E$),
- Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$),
- Kohlenstoffdioxidabgabe ($\dot{V}_{CO_2}$),
- Respiratorischer Quotient (RQ),
- Energieumsatz (E),
- Herzfrequenz (HR),
- Laktatkonzentration (La),
- Trittfrequenz (U),
- Anstrengungsempfinden (RPE).

Laktatkonzentration, Trittfrequenz und Anstrengungsempfinden wurden manuell einmalig in der dritten Minute jeder Stufe protokolliert und später digitalisiert. Daten der anderen Parameter wurden von der Software MetaSoft (Cortex Biophysik GmbH, Leipzig, Deutschland) als Textdatei ausgegeben, in der jeweils ein Wert pro Atemzug zur weiteren Auswertung zur Verfügung stand. Teilweise wurden Skripte mit MATLAB R2013A (The MathWorks Inc., Natick, Massachusetts, USA) erstellt, um die Datenverarbeitung zu automatisieren. In Microsoft Office Excel 2010 wurden zusammengesetzte Werte aus den oben genannten Parametern bestimmt und Mittel- sowie Maximalwerte berechnet. Für die Mittelwerte jeder Stufe wurden dabei die Daten der letzten 3 Atemzüge verworfen und die vorangegangenen 30 Sekunden zur Mittelwertbildung genutzt. Als Maximalwerte wurden je nach Parameter die höchsten Einzelwerte, die Mittelwerte der letzten 30 Testsekunden direkt vor Abbruch oder die höchsten Mittelwerte aus 15 Atemzügen gewählt (s. u.). PWC -Werte wurden mittels linearer Interpolation zwischen den berechneten Mittelwerten bestimmt:

$$PWC_{130} = (130 - HR_1) \cdot \frac{P_2 - P_1}{HR_2 - HR_1} + P_1 \quad (3.1)$$

mit P = Leistung in Watt

HR = Herzfrequenz in 1/min

Wurden die festgelegten Grenzen nicht erreicht, wurde linear extrapoliert. Probanden, die Herzfrequenz-Werte über 140 nicht erreichten, wurden aus der Berechnung des PWC_{170} aber grundsätzlich ausgeschlossen. Bei einem sehr flachen Herzfrequenzanstieg unter Medikation ist eine lineare Extrapolation nicht sinnvoll (s. Abbildung A.20 im Anhang). Die Leistung bei den Laktatkonzentrationen von 1,5 mmol/l, 2 mmol/l, 3 mmol/l und 4 mmol/l wurden unter Einsatz eines Polynoms dritten Grades in Microsoft Office Excel 2010 grafisch aus einer Laktatleistungskurve bestimmt.

Die maximale Leistung wurde in Anlehnung an die Vorgehensweise in der Pilotstudie („Exercise I“; Pajonk et al. (2010) und T. Meyer (02.05.2012)) nach Formel 3.2 errechnet. Hierbei wurde zu dem Wert der höchsten vollendeten Stufe für jede absolvierte Sekunde der nächsten begonnenen Stufe 0,1389 W hinzugerechnet:

$$P_{max} = P_{\text{höchste vollendete Stufe}} + \text{Sekunden}_{\text{Abbruchstufe}} \cdot 0,1389 \quad (3.2)$$

mit P = Leistung in Watt

Zur Bestimmung der höchsten Sauerstoffaufnahme-Werte in der Testendphase wurden aus den „breath-by-breath“-Daten gleitende Mittelwerte über jeweils 15 Atemzüge gebildet und deren Maximum bestimmt (s. auch Robergs, Dwyer & Astorino, 2010).

Die Analyse der Intrarater-Reliabilität ergab für die Auswertung der Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen Intraklassen-Korrelationskoeffizienten von 0,999 bis 1,000. Wiederholungsuntersuchungen der Belastungsuntersuchungen selbst wurden nicht durchgeführt.

Als Reaktion auf Messfehler (z. B. Undichtigkeit der Maske) mussten einige wenige Daten ausgeschlossen werden. Andere Ausschlüsse wurden vorgenommen, wenn ein Wechsel in der Medikation vorgenommen wurde, der eine Änderung in der Beeinflussung des Herz-Kreislauf-Systems erwarten ließ. Hierzu wurden alle Medikamente in Kategorien bezüglich ihrer Wirkung auf das Herz-Kreislauf-System eingeteilt (s. Tabelle 4.25 im Ergebnisteil). Ein Wechsel des Medikaments innerhalb einer Kategorie oder eine Dosisanpassung führten nicht zu einem Ausschluss der Werte. Grundsätzlich muss darauf hingewiesen werden, dass eine Psychopharmakotherapie Einfluss auf das Herz-Kreislauf-System nehmen kann, sodass zum Beispiel während der Untersuchung ein geringerer Anstieg der Herzfrequenz im Testverlauf beobachtet werden kann. Die Kategorisierung der Medikamente und Zusammenstellung der Wirkung erfolgte anhand Woods (2003); Benkert und Hippus (2013); Rote Liste Service (2013).

Bei den maximal erreichten Werten der Leistung und Sauerstoffaufnahme wurden die Probanden ausgeschlossen, bei denen es fraglich war, ob eine Ausbelastung erreicht wurde. Hierzu wurde die Variable „objektive Ausbelastung“ aus der Anzahl der erfüllten objektiven Ausbelastungskriterien durch die Summe der gültigen Ausbelastungskriterien errechnet. Das maximale Anstrengungsempfinden wird im Ergebnisteil einzeln aufgeführt, fand als subjektives Kriterium aber ebenso wie die Beobachtungen der Untersucher keinen Eingang in die Variable „objektive Ausbelastung“. Werte kleiner als 0,5 wurden hier ausgeschlossen. Objektive Ausbelastungskriterien wurden anhand der Literatur zusammengestellt (T. Meyer & Kindermann, 1999; Löllgen, 2005; Hollmann, Strüder, Predel & Tagarakis, 2006; Midgley, McNaughton, Polman & Marchant, 2007; Mann, Lamberts & Lambert, 2013; Scharhag-Rosenberger & Meyer, 2013):

- höchste im Test erreichte Herzfrequenz $\geq$ errechnete individuelle maximale Herzfrequenz,
- höchste im Test erreichte Laktatkonzentration $\geq$ 8 mmol/l,
- höchstes in der Endphase des Tests erreichtes Atemäquivalent $\geq$ 30,
- höchster in der Endphase des Tests erreichter Respiratorischer Quotient $\geq$ 1,1,
- höchste erreichte Atemfrequenz $\geq$ 50 Atemzüge pro Minute.

Durch den Ausschluss von Daten reduzieren sich die Probandenzahlen (n) bei der Analyse von Leistung und Sauerstoffaufnahme. Im Anhang finden auch die vollständigen Daten ohne Ausschlüsse wegen fraglicher Ausbelastung Darstellung.

Bei Einnahme von Medikamenten, die die Herzfrequenz beeinflussen, fand die Herzfrequenz als Ausbelastungskriterium keine Anwendung. Die individuelle maximale Herzfrequenz wurde nach der Formel 3.3 basierend auf Untersuchungen von Åstrand und Rodahl (1986) für die Fahrradergometrie in sitzender Position bestimmt:

$$\text{Herzfrequenz } \left[\frac{1}{\text{min}} \right] = 186 - 0,36 A \quad (3.3)$$

mit A = Alter in Jahren

Die Ergebnisse der folgenden ausgewählten Parameter finden im Ergebnisteil Darstellung:

- Physical Working Capacity (PWC),
- Leistung bei bestimmten Laktatkonzentrationen (P_{La}),
- Leistung (P),
- Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$),
- Atemfrequenz (AR),
- Respiratorischer Quotient (RQ),
- Herzfrequenz (HR),
- Laktatkonzentration (La),
- Anstrengungsempfinden (RPE),
- Atemäquivalent für Sauerstoff ($A\ddot{A}_{O_2}$).

Anhand der Ergebnisse der Visite 1-Belastungsuntersuchungen wurden die Trainingsempfehlungen für die ersten 2 Trainingswochen der Ausdauergruppen vorgenommen.

3.3.4 Kognitive Testung

Im Rahmen der kognitiven Testung erfolgten verschiedene einzelne Tests: Als Test des verbalen Arbeitsgedächtnisses wurde der Digit Span Test, ein Teil des Hamburg-Wechsler Intelligenztests durchgeführt (Tewes, 1994). Der anschließende Verbale Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT) liefert Testergebnisse zum verbalen deklarativen episodischen Gedächtnis (Helmstaedter, Lendt & Lux, 2001). Der Regensburger Wortflüssigkeitstest (RWT) testet formallexikalische und kategorial-semantiche Wortflüssigkeit als Ausdruck divergenten Denkens, wobei die Fähigkeit zur spontanen Produktion von lexikalischem und semantischem Wissen, Abrufprozessen und exekutiven Funktionen abhängig ist (Aschenbrenner, Tucha & Lange, 2000). Der Trail Making Test (TMT, Version A und B) ist ein Teil der Halstead-Reitan neuropsychological test battery und wird im Testmanual als Test der allgemeinen Gehirnfunktion geführt (Reitan & Wolfson, 1985, S. 27). Exekutive Funktionen werden angesprochen, das schnelle visuelle Erfassen und die Verarbeitungsgeschwindigkeit spielen wegen des Zeitdrucks eine Rolle. Zusätzlich zu diesen Testverfahren wurde ein Test am Computer verwendet: der Wisconsin Card Sorting Test (WCST, Computer Version 2), ein häufig genutztes Instrument zur Testung der Exekutivfunktionen (Kongs, Thompson, Iverson, Heaton & R. K., 2000). Besonders wichtig ist hier die Flexibilität unter sich ändernden Testregeln das gestellte Problem zu lösen.

Die Protokollierung, Vorauswertung und Publikation erfolgt durch einen Studienarzt (S. D.) nach Anleitung der einzelnen Testmanuale und findet im Ergebnisteil daher keine Darstellung.

3.3.5 Arztgespräch

Zur Beurteilung der Erkrankung Schizophrenie selbst wurden von den Studienärzten (J. H., H. F., S. D.) folgende Rating-Skalen abgefragt: Skala für positives und negatives Syndrom (PANSS), Scale for Assessment of Negative Symptoms (SANS), Calgary Depression Scale for Schizophrenia (CDSS), Clinical Global Impression (CGI), Global Assessment of Functioning (GAF) und Social Adjustment Scale (SAS II). Mit Ausnahme der SAS, wurden die Skalen zu Visite 1, 2 und 3 eingesetzt (Guy, 1976; Andreasen, 1984; Kay et al., 1987; Addington, Addington & Schissel, 1990; Ackenheil, Stotz, Dietz-Bauer & Vossen, 1999; Saß et al., 2003).

Die Skalen liefern vergleichbare Einschätzungen zur Psychopathologie in den Bereichen Positiv- und Negativsymptomatik, Depressivität, Schweregrad der Erkrankung, allgemeines psychosoziales Funktionsniveau und soziale Funktionen.

Die Skalen wurden im sogenannten Arztgespräch nacheinander bearbeitet und der Proband entsprechend der Vorgaben befragt. Bei einigen Skalen handelt es sich um Einschätzungen, die die Rater alleine im Anschluss an das Probandengespräch vornahmen.

Im Ergebnisteil werden davon GAF und CGI präsentiert (Skalen s. Abbildungen A.22 und A.21 im Anhang).

3.3.6 Allgemeine Untersuchung

Durch eine Study Nurse (R. B.) erfolgten bei V 1 bis V 4, im Rahmen der Blutabnahme, Messungen der Körpermasse mit Kleidung (Personenwaage Modell 920, Seca GmbH & Co. KG, Hamburg, Deutschland) und des Blutdrucks, welcher jeweils im Sitzen und im Stehen mit einem automatischen Gerät am Oberarm gemessen wurde (boso-medicus, Bosch + Sohn GmbH & Co. KG, Jungingen, Deutschland). Die aktuelle Medikation und die Rauchgewohnheiten wurden ebenfalls erfasst. Zu Visite 5 fand nur die Erhebung von Medikation, Körpermasse und Rauchgewohnheit statt. Folgende Messwerte wurden erhoben:

- Laborparameter,
- Körpermasse (kg),
- Blutdruck im Sitzen und Stehen (mmHg),
- Herzfrequenz im Sitzen und Stehen (1/min),
- Medikation (Medikamentenname und Dosierung),
- Rauchgewohnheiten (Zigaretten pro Tag).

Im Ergebnisteil werden Körpermasse, Rauchgewohnheiten und Medikation als Einflussfaktoren auf die anderen Hauptparameter dargestellt. Die Medikation wurde hierzu von der Autorin mit Präparatsnamen und Dosis aufgelistet und mit Hilfe der Roten Liste (Rote Liste Service, 2013) Wirkstoffen und Kategorien zugeordnet. Das Wirkungs- und Nebenwirkungsprofil wurde auf mögliche Einflüsse auf die Leistungsfähigkeit analysiert. Die angegebene Dosis wurde bei Neuroleptika in eine Chlorpromazinäquivalenzdosis (CPZ-Dosis) zur Vergleichbarkeit umgerechnet. Die Umrechnungsfaktoren wurden in Absprache mit den medizinischen Kollegen der Literatur entnommen (Möller et al., 2000, 2001; Rijcken, Monster, Brouwers & de Jong-van den Berg, 2003; Woods, 2003; Andreasen, Pressler, Nopoulos, Miller & Ho, 2010; Benkert & Hippus, 2013) und befinden sich im Anhang (s. Tabelle A.6).

3.3.7 Magnetresonanztomographie und Hippocampusvolumetrie

Es wurden zu den oben aufgeführten Zeitpunkten magnetresonanztomographische Untersuchungen mit verschiedenen Einstellungen durchgeführt: Bei der kürzeren funktionellen MRT des Gehirns mussten die Probanden eine n-back-Aufgabe aus drei Teilen mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad bearbeiten. Die zweite MRT-Untersuchung dauerte mit ca. 90 Minuten wesentlich länger und wurde von vielen Probanden als belastend empfunden. Während dieser Untersuchung erfolgten strukturelle Aufnahmen der Gehirnanatomie, die Magnetresonanztomographie (MRS) als Untersuchung des Gehirnstoffwechsels und Diffusion Tensor Imaging (DTI) als Messmethode zur Charakterisierung der weißen Substanz.

Über folgende Bereiche ermöglichen die durchgeführten Untersuchungen eine Aussage:

- Gehirnvolumina,
- Hippocampusvolumen,
- Gehirnakktivität,
- weiße Substanz,
- Gehirnstoffwechsel.

Beide Untersuchungen fanden im Forschungs-MRT der Universitätsmedizin Göttingen statt. Als Gerät wurde ein MR-Tomograph der Firma Siemens (MAGNETOM Trio, Siemens Healthcare Sector, Erlangen) der Forschungsgruppe „MR-Forschung in der Neurologie und Psychiatrie“ genutzt. Es handelt sich hierbei um einen Ganzkörpertomographen mit einer Stärke von 3 Tesla in Kombination mit einer 8- und 12-Kanal-Kopf-Spule.

Bei den Untersuchungen herrschten die besonderen zur sicheren Durchführung notwendigen Bedingungen (z. B. Anamnese, Aufklärung, Einverständniserklärung). Desweiteren war das ruhige Liegen im Gerät erforderlich, wobei die Studienteilnehmer die Möglichkeit hatten über eine Spiegelbrille aus dem Gerät zu schauen, Musik zu hören und mit dem Personal zwischen den einzelnen Aufnahmen zu sprechen.

Die Aufnahme der T1-gewichteten Turbo Fast Low Angle Shot (tfl) Gradienten-Echo Sequenz mit einer Aquisitionszeit (TA) von 7 : 54 min zur anatomischen Abbildung des Gehirns als Grundlage für die Hippocampusvolumetrie erfolgte mit den folgenden Messparametern:

- Echozeit (TE): 3,26 ms,
- Inversionszeit (TI): 900 ms,
- Repetitionszeit (TR): 2250 ms,
- Anregungswinkel (Flipwinkel): 9 °,
- Matrixgröße: 256 x 256,
- Schichtanzahl: 176,
- Schichtdicke: 1,0 mm,
- Auflösung: 1 mm x 1 mm x 1 mm,
- Bildfeld (FoV): 256 mm (bzw. rechteckig angepasst an Kopfgröße).

Vor der manuellen Bearbeitung erfolgte die Sichtung, Ordnung und Umbenennung der MRT-Rohdaten. Die anatomischen T1-MRT wurden mit dem Programm FreeSurfer (Version 5.3.0, Martinos Center for Biomedical Imaging, Charlestown, Massachusetts, USA) mittels des „recon-all“-Befehls³ vorverarbeitet (z. B. Bewegungskorrektur) und es wurden automatisch Labelmaps (Masken) der Hippocampi erstellt, die anschließend extrahiert wurden (B. M., D. K.). Diese Labelmaps dienten als Bearbeitungsgrundlage für den manuellen Teil des Bearbeitungsprozesses. Diese Vorverarbeitungsschritte wurden angeleitet durch einen Mitarbeiter (D. K.) der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie und des Instituts für Klinische Radiologie des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Für die manuelle, verblindete Bearbeitung der automatisch erstellten Hippocampus-Masken wurde das Programm 3DSlicer Version 4.3.1 genutzt, das als Open-Source-Softwarepaket kostenlos von <http://www.slicer.org> heruntergeladen wurde (s. hierzu Fedorov et al., 2012). Die manuelle Bearbeitung der 380 Hippocampi erfolgte durch die Autorin an einem Desktop-PC mit Windows 8.1 x64 Betriebssystem mit 21,5 Zoll Monitor (G2222HDL, BenQ Corporation, Taipeh, Taiwan). Die Intraraterreliabilität lag bei 0,924 (Intraklassen-Korrelationskoeffizient für einzelne Maße, berechnet mit der Voreinstellung absolute Übereinstimmung, bzw. 0,989 als Pearson-Korrelationskoeffizient). Es ergaben sich keine statistisch signifikanten Korrelationen für das Hippocampusvolumen und den Tag der Bearbeitung innerhalb des 6-wöchigen Bearbeitungszeitraums. Beide Hippocampi aus einem MRT-Datensatz wurden jeweils hintereinander bearbeitet, wobei das Vorgehen pro Hippocampus ca. 45 Minuten in Anspruch nahm.

Als Voreinstellungen wurde bei jeder Bearbeitung die gleiche Helligkeit gewählt. Die Bearbeitung fand im Editor-Modul im „Pixel mode“ statt, sodass die Pixel einzeln ausgewählt werden konnten. Der interpolierte Modus wurde nur in Einzelfällen zur Entscheidungshilfe kurz eingeschaltet, sodass die Pixel während der generellen Bearbeitung auch einzeln sichtbar waren. Um durch die automatisch erstellten Labelmaps möglichst wenig in den Entscheidungen beeinflusst zu werden, wurden diese nur im dunkelroten Umriss angezeigt und konnten im Zweifelsfall zwischenzeitig ausgeblendet werden. Die Bearbeitung erfolgte als erstes in der sagittalen Ansicht (gelb) von lateral nach medial in allen Schnittebenen, in denen ein automatisches Hippocampuslabel angezeigt wurde und

³Eine detaillierte Beschreibung des Befehls im findet sich im FreeSurferWiki unter <http://freesurfer.net/fswiki/recon-all> (FreeSurferWiki, 2014).

auch in den Schnittebenen davor und danach, falls hier Bereiche fälschlicherweise nicht vom automatischen Label erfasst worden waren. Anschließend fand eine Überprüfung der konstanten Markierung von medial nach lateral statt. Der zweite Schritt der manuellen Bearbeitung fand in der coronalen Ansicht (grün) statt. Hier wurde von anterior nach posterior das automatische Label bearbeitet und wiederum in der entgegengesetzten Richtung kontrolliert. Als dritter Schritt fand eine Kontrolle und Korrektur der bisherigen Arbeit in der axialen Ansicht (rot) von superior nach posterior und in Gegenrichtung statt (s. Abbildung 3.7). Hier waren meist nur noch kleine Änderungen notwendig. Alle Bearbeitungen wurden abschließend sowohl in der sagittalen als auch in der coronalen Ansicht überprüft und wenn notwendig korrigiert. Als letzter Schritt erfolgte die Kontrolle und Korrektur anhand einer 3D-Ansicht des Labels.

Abb. 3.7. Lage und Ausrichtung des Hippocampus in Bezug auf Schnittebenen und Lagebezeichnungen:

- a) Darstellung der Schnittebenen und des 3D-gerenderten Hippocampuslabels im Raum auf der Basis eines Screenshots der 3D-Ansicht aus 3DSlicer mit Markierung und Beschriftung der Ebenen.
- b) Aus einer Labelmap erstelltes Modell des Hippocampus mit eingefügten Achsen und Lagebezeichnungen zur Übersicht.

Bei Partialvolumina bei einem sanften Übergang von grauen in weiße oder schwarze Bereiche wurde die Regel angewandt, 50 % zur einen Struktur und 50 % zur anderen zu zählen. Bei Bereichen, die in den drei Ansichten unterschiedlich bewertet wurden, wurde der sagittalen Ansicht Vorrang gegeben. Wenn in einer Schnittebene die Entscheidung unklar war, wurde anhand der Schnittebenen zuvor und danach entschieden. Einzelne, sehr dunkle Pixel, die in allen Ansichten ein „Loch“ im Label bedeutet hätten, wurden gefüllt.

Der Hippocampus wurde hier definiert als Struktur aus Subiculum, Gyrus dentatus und Cornu ammonis. Die weiße Substanz (Alveus und Fimbria) wurden ebenfalls zum Hippocampus gezählt (s. Abbildung 3.8). Wird im folgenden von Hippocampus gesprochen, ist diese Definition zugrunde gelegt.

Das Protokoll der Segmentierung wurde in Orientierung an die Literatur (Watson et al., 1992; Pruessner et al., 2000; Duvernoy, 2005; Andersen, Morris, Amaral, Bliss & O’Keefe, 2007; Konrad et al., 2009) und unter Berücksichtigung anderer Studien mit einer manuellen Volumetrie und der Vorgehensweise bei der Pilotstudie (Berner, 2008) erstellt. Duvernoy (2005) wurde für anatomische Fragen genutzt, wohingegen Konrad et al. (2009) 71 unterschiedliche Protokolle aus der Literatur analysiert und eine sehr gute Übersicht über eindeutige und schwierige Grenzziehungen in MRT bietet (s. Tabelle 3.4).

Tab. 3.4. Grenzen des Hippocampus nach Konrad et al. (2009, S.1189ff) und praktische Vorgehensweise in der manuellen Bearbeitung (CSF = Zerebrospinalflüssigkeit)

Lage der Grenze	Zitat (Konrad et al., 2009, S.1189ff)	verwendete Grenzstruktur
Grenzen mit übereinstimmenden Protokollen		
superior	“the superior border is consistently defined by either the alveus as an internal landmark or cerebrospinal fluid as an external landmark“	Alveus
inferior	“the white matter of the parahippocampal gyrus below the subiculum is clearly discernible from the gray matter of the hippocampus“	Gyrus parahippocampalis
lateral	“the CSF of the lateral ventricle, which is used as an external landmark, most frequently defines this boundary“	CSF
superomedial	“the superior medial border is commonly defined by the CSF of the cisterna ambiens“	CSF
Grenzen mit Diskussionbedarf		
anterior	“this internal landmark [Alveus] seems to be most reliable“	s. Screenshot
posterior	“Assessing the gray matter of the hippocampal tail until it reaches its posterior ovoid form, corresponds best to the anatomical boundaries of this structure“	s. Screenshot
inferomedial	“most protocols define arbitrary lines“	s. Screenshot

Screenshots in Abbildungen 3.9, 3.10 und 3.11 zeigen die Lösungen bei den laut Konrad et al. (2009) weniger eindeutigen Grenzbereichen. Nicht in allen Schnittebenen sind die in Tabelle 3.4 aufgeführten Grenzstrukturen als klare Grenzen sichtbar. Hier wurden für die entsprechenden Problemzonen mit Hilfe eines erfahrenen Untersuchers (B. M.) und einer Bildgebungsexpertin (B. E.-W.) Absprachen getroffen.

Abb. 3.8. Screenshots vom roten Hippocampuslabel in der sagittalen Ansicht bezüglich der Verfahrensweise bei der Einbindung der weißen Substanz an der superioren Labelgrenze mit Alveus und Fimbria (links: weiter laterale Schnittebene, rechts: weiter mediale Schnittebene)

Abb. 3.9. Screenshot vom roten Hippocampuslabel bezüglich der Verfahrensweise am posterioren Ende: In der coronalen Ansicht (grün) lässt sich die eiförmige Form des posterioren Endes erkennen, und in beiden Ansichten der Umgang mit dem Ausschluss der weißen Substanz im Übergangsbereich der Fimbriae in die Crura fornicis. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Orientierung der Schnittebenen einen Einfluss auf die Form des Labels hat. Dies wird an dieser Stelle beim Vergleich mit Ansichten aus der Literatur deutlich. Daher war es auch möglich, dass je nach Orientierung des Hippocampus die eiförmige Form nicht in dieser Form erkennbar wurde.

Abb. 3.10. Screenshot vom roten Hippocampuslabel bezüglich der Verfahrensweise bei der Trennung von Hippocampus und Amygdala anhand des Alveus: Bei Einbezug aller Ansichten war dies möglich, da der Alveus als helle Trennlinie sichtbar war. Durch das gelbe Fadenkreuz (Crosshair) ist beispielhaft dargestellt, wie sich Pixel in allen drei Ansichten gleichzeitig betrachten lassen (gelb = sagittale Ansicht; grün = coronale Ansicht; rot = axiale Ansicht).

Abb. 3.11. Screenshot vom roten Hippocampuslabel bezüglich der Verfahrensweise an der inferomedialen Grenze: Hier erfolgte der Ausschluss der weißen Bereiche medial und inferior. Sollte dies durch eine Hilfslinie wie bei Konrad et al. (2009, S. 1190) beschrieben werden, so verlief sie in der coronalen Ansicht (grün) im 45°-Winkel vom inferioren Grenzbereich nach superomedial. Durch das gelbe Fadenkreuz (Crosshair) ist auch hier beispielhaft dargestellt, wie sich Pixel in allen drei Ansichten gleichzeitig betrachten lassen. Es zeigt sich, dass in der sagittalen Ansicht (gelb) nun das Label aus zwei Teilen besteht. Unter gemeinsamer Einbeziehung der coronalen Ansicht und der sagittalen Ansicht ist diese Entscheidung zu treffen.

Die Limitationen der korrekten Bestimmung des Hippocampusvolumens aus MRT-Daten und der Entscheidungen bei der Grenzziehung werden in der Diskussion erläutert.

Die Berechnung der Volumina erfolgte ebenfalls mit der Software 3DSlicer mit dem Modul „Label Statistics“, wo die Anzahl der Pixel des Labels gezählt und mit dem Volumen pro Pixel („pixel spacings“) multipliziert wird (hier: Voxelgröße von 1,0 mm × 1,0 mm × 1,0 mm). Diese gingen als Ergebnisse in die statistische Analyse mittels IBM SPSS Statistics (Version 22, International Business Machines Corporation, Armonk, New York, USA) ein (s. Abschnitt 3.3.8).

3.3.8 Statistische Auswertung

Zur Überprüfung der in Kapitel 2.3 aufgestellten Hypothesen wurden die Daten von der Autorin mit Microsoft Office Excel 2010 (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA) und IBM SPSS Statistics (Version 22, International Business Machines Corporation, Armonk, New York, USA) weiterverarbeitet und statistisch ausgewertet. Die Auswertung erfolgte hypothesengeleitet. Hierbei wurden die Variablen mittels Kolmogorov-Smirnov-Test und Histogramm auf Normalverteilung geprüft. Je nach Ergebnis wurde mit parametrischen oder nicht parametrischen Tests gearbeitet. Absolute und relative Häufigkeiten wurden bestimmt und deskriptive Werte (Minimum, Maximum, Mittelwert, Standardabweichung) berechnet. Die Vergleiche zwischen den Gruppen wurden mittels einfaktorieller Varianzanalyse bzw. Chi-Quadrat- und Kruskal-Wallis-Test vorgenommen. Auf einen Vergleich von gesunder Kontrollgruppe und Tischfußball-Patientengruppe wurde verzichtet. Für Vergleiche der Zeitpunkte wurde das allgemeine lineare Modell für Messwiederholungen bzw. der Friedman-Test genutzt. Als Innersubjektfaktor wurde Zeit mit 2 bis 4 Faktorstufen definiert. Als Zwischensubjektfaktoren wurden bei mehrfaktoriellen Analysen z. B. Gruppe oder Geschlecht verwendet. Kovariaten (z. B. Alter) wurden bei Bedarf einbezogen. Für den Hauptteil der Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen werden die Analyseergebnisse unter Einbezug von Geschlecht, Körpergewicht und Alter im Anhang dargestellt. Als Test auf Veränderungen bei Variablen mit binären Daten wurde der Cochran-Q-Test durchgeführt. Bivariate und partielle Korrelationen wurden berechnet mit den Korrelationskoeffizienten Eta, Kendall-Tau-b (τ), Spearman-Rho (ρ) oder Pearson-Korrelation (r) je nach Voraussetzungen. In Reaktion auf vorliegende Korrelationen wurden Kovariaten in die oben genannten Test einbezogen (s. o.). Im Bereich der Reliabilitätsanalyse wurden neben den oben genannten Korrelationskoeffizienten auch Intraklassen-Korrelationskoeffizienten (*ICC*) für die absolute Übereinstimmung berechnet.

Als graphische Präsentation der Ergebnisse wurden mit SPSS Balkendiagramme und Streudiagramme erzeugt und mit Bildbearbeitungsprogrammen zur Verbesserung des Layouts überarbeitet.

Ein p -Wert $\leq 0,050$ wurde als statistische Signifikanz interpretiert. Diese Werte sind jeweils mit einem Asterisk (*) gekennzeichnet, dabei steht * für p -Werte $\leq 0,050$, ** für p -Werte $\leq 0,010$ und *** für p -Werte $\leq 0,001$.

Eine statistische Korrelation galt bis 0,2 als sehr gering, bis 0,5 als gering, bis 0,7 als mittel, bis 0,9 als hoch und für Korrelationskoeffizienten ab 0,9 als sehr hoch.

Die untersuchte Probandenzahl (n) ist jeweils angegeben, da sie von Parameter zu Parameter und Test zu Test variiert. Bei einigen Parametern mussten Werte z. B. wegen fehlender Ausbelastung ausgeschlossen werden oder konnten einzelne Werte nicht erhoben werden. Beim Vergleich von zwei Zeitpunkten wurden diese Werte immer bei beiden Zeitpunkten ausgeschlossen, auch wenn einer der beiden Werte vorhanden war.

4 Ergebnisse

4.1 Probanden

Bei insgesamt 100 eingeschlossenen Teilnehmern und davon 66 Teilnehmern mit vollendeter Intervention (einschließlich Vor- und einer Nachuntersuchungsvisite) sind aus Tabelle 4.1 die Zeitpunkte und die Gruppenzugehörigkeit der insgesamt 44 Dropouts zu entnehmen. Vorangestellt sei der wichtige Aspekt, dass im Rahmen der Interventionsphase nur 12 Dropouts stattfanden. Die folgenden Gründe der vorzeitigen Beendigung der Intervention werden als Hinweise auf Hindernisse bei der Teilnahme an einem Sportprogramm aufgeführt: 3 Schizophreniepatienten konnten die Ausdauerintervention nicht vollenden. Die Gründe waren eine erhöhte zeitliche Belastung im Berufsleben (1 Patient), das Eintreten einer schwereren Krankheitsphase (1 Patient) und die Aufnahme einer stationären Behandlung an einem anderen Ort (1 Patient). Bei der Tischfußball-Patientengruppe wurde die Intervention durch 5 Patienten abgebrochen, wobei 1 Patient eine akute Krankheitsphase erreichte, 2 Patienten eine stationäre Behandlung an einem anderen Krankenhaus aufnahmen und 2 Patienten durch die Entlassung aus der stationären Behandlung an ihren Wohnort zurückkehrten. 4 gesunde Kontrollprobanden beendeten die Studienteilnahme ohne abgeschlossene Intervention bzw. ohne Nachuntersuchung. Die Gründe hierfür sind in 3 Fällen unbekannt und in einem Fall lag eine Schwangerschaft als Kontraindikation für die Nachuntersuchungen vor.

Tab. 4.1. Aufführung der Teilnehmerzahlen nach Gruppe und Zeitpunkt und Reduktion durch Dropouts (Die Visite 5 ist für 5 Patienten der Tischfußballgruppe zeitlich noch nicht erreicht, daher wurden sie in die Aufstellung nicht einbezogen.)

	Schizophrenie Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball	Gesunde Ausdauer	gesamt
Einschlüsse		64	36	100
Screening		64	35	99
Visite 1	25	27	27	79
Interventionsbeginn	25	26	27	78
Visite 2	23	22	25	70
Interventionsabschluss	22	21	25	68
Visite 3	22	21	23	66
Visite 4	21 (22)	20	22	63 (64)
Visite 5	19 (20)	15	19	53 (54)

In die Auswertungen fanden nur Ergebnisse der Studienteilnehmer Einschluss, die die Intervention mit mindestens 75 % Anwesenheit und die erste Nachuntersuchungsvisite (V3) abgeschlossen hatten. Bei V4 und V5 reduzierten sich jeweils die Fallzahlen durch weitere Dropouts (s. Tabelle 4.1). In die im Vordergrund stehende Analyse der Veränderungen von V1 zu V3 gehen Daten von 22 Schizophreniepatienten und 22 gesunden Kontrollprobanden der Ausdauergruppen ein sowie von 21 Patienten der Tischfußballgruppe. Die nachfolgende Tabelle 4.2 zur Charakterisierung der Interventionsteilnehmer bezieht sich auf diese Gruppen. Bei der Auswertung der MRT-Ergebnisse sind dies jeweils nur 21 Probanden, da bei einem Patienten der Ausdauergruppe keine MRT-Untersuchungen durchgeführt werden konnten. Die Auswertung der Visite 5 kann nur für die beiden Ausdauergruppen präsentiert werden, da die Visite 5 für 5 Patienten der Tischfußballgruppe noch nicht abgeschlossen ist, sondern erst in der Zukunft stattfinden wird.

Statistischer Vergleich der Ausdauergruppen Die in Tabelle 4.2 vorgestellten Ergebnisse wurden statistischen Analysen unterzogen. Hierbei zeigte sich zwischen den beiden Ausdauergruppen ein signifikanter Unterschied bei Körpermasse ($p = 0,013$) und *BMI* ($p = 0,015$). Die Schizophreniepatienten hatten durchschnittlich eine 14 kg höhere Körpermasse und einen höheren Body-Mass-Index. Auch die Anzahl der Probanden in fester Partnerschaft unterschied sich signifikant zwischen den Gruppen ($p = 0,002$), während bei allen anderen Variablen keine signifikanten Unterschiede vorlagen (Alter: $p = 0,896$; Größe: $p = 0,341$; Rauchgewohnheit: $p = 0,322$; Schuljahre: $p = 0,754$; Bildungsjahre: $p = 0,334$; Berufstätigkeit: $p = 0,069$; Sportaktivität: $p = 0,228$; Bewegungsaktivität: $p = 0,216$). Des Weiteren zeigten sich als Abbild des erfolgreichen Matchings keinerlei Abweichungen bei Geschlecht ($p = 1,0$) und Händigkeit ($p = 1,0$). Die gesunden Probanden erhielten keine psychiatrische Medikation und waren noch nie in psychiatrischer Behandlung (s. Kapitel 3.1).

Statistischer Vergleich der Patientengruppen Zwischen den beiden Patientengruppen bestanden signifikante Unterschiede für die Bereiche Partnerschaft ($p = 0,033$) und Medikation (CPZ-Tagesdosis: $p = 0,004$; Antipsychotikum: $p = 0,032$). Wie aus Tabelle 4.2 ersichtlich, ist die durchschnittliche Dosis – bezogen auf Antipsychotika bei der Tischfußball-Patientengruppe – geringer und die Anzahl der Patienten, die zur Zeit der Studie kein Antipsychotikum einnahmen höher. Die Anzahl der Patienten, die in fester Partnerschaft lebten, ist ebenfalls in der Tischfußballgruppe höher. In allen anderen Bereichen jedoch zeigten sich bei der statistischen Auswertung keine signifikanten Unterschiede (Alter: $p = 0,707$; Geschlecht: $p = 0,924$; Händigkeit: $p = 0,170$; Körpergröße: $p = 0,458$; Körpermasse: $p = 0,132$; *BMI*: $p = 0,194$; Rauchgewohnheit: $p = 0,835$; Schuljahre: $p = 0,573$; Bildungsjahre: $p = 0,748$; Berufstätigkeit: $p = 0,817$; Sportaktivität: $p = 0,287$; Bewegungsaktivität: $p = 0,477$; Erkrankungsdauer: $p = 0,607$; stationäre Aufenthalte: $p = 0,565$; Behandlungsmodus: $p = 0,098$).

Tab. 4.2. Charakterisierung der Interventionsgruppen für den Zeitraum Visite 1 bis 3: Bei Anzahlen wird die absolute Häufigkeit sowie die relative Häufigkeit in Klammern angegeben; bei den anderen Merkmalen der Mittelwert und die Standardabweichung in Klammern (Schizophrenie Ausdauer: $n = 22$; Gesunde Ausdauer: $n = 22$; Schizophrenie Tischfußball: $n = 21$)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>n</i>	22	22	21
Alter [Jahre]	37,3 ($\pm 11,7$)	37,6 ($\pm 11,3$)	35,8 ($\pm 14,4$)
männlich [Anzahl]	16 (72,7 %)	16 (72,7 %)	15 (71,4 %)
weiblich [Anzahl]	6 (27,3 %)	6 (27,3 %)	6 (28,6 %)
Rechtshänder [Anzahl]	18 (81,8 %)	18 (81,8 %)	20 (95,2 %)
Linkshänder [Anzahl]	4 (18,2 %)	4 (18,2 %)	1 (4,8 %)
Körpermasse [kg]	94,8 ($\pm 21,3$)	80,8 ($\pm 13,6$)	85,9 ($\pm 16,1$)
Körpergröße [cm]	179 ($\pm 10,1$)	176 ($\pm 9,6$)	177 ($\pm 8,5$)
BMI [kg/m ²]	29,4 ($\pm 5,0$)	26,0 ($\pm 3,7$)	27,4 ($\pm 4,6$)
Raucher [Anzahl]	8 (36,4 %)	5 (22,3 %)	7 (33,3 %)
Nichtraucher [Anzahl]	14 (63,6 %)	17 (77,3 %)	14 (66,7 %)
Dauer der Schulausbildung [Jahre]	11,9 ($\pm 1,6$)	12,0 ($\pm 1,4$)	11,6 ($\pm 2,0$)
Dauer der Gesamtausbildung [Jahre]	15,4 ($\pm 3,7$)	16,5 ($\pm 4,0$)	15,0 ($\pm 3,6$)
berufstätig [Anzahl]	7 (31,8 %)	13 (59,1 %)	6 (28,6 %)
nicht berufstätig [Anzahl]	15 (68,2 %)	9 (40,9 %)	15 (71,4 %)
ledig [Anzahl]	21 (95,5 %)	12 (54,5 %)	15 (71,4 %)
in Partnerschaft [Anzahl]	1 (4,5 %)	10 (45,5 %)	6 (28,6 %)
sportlich aktiv ¹ [Anzahl]	9 (40,9 %)	13 (59,1 %)	12 (57,1 %)
sportlich inaktiv [Anzahl]	13 (59,1 %)	9 (40,9 %)	9 (42,9 %)
Bewegung $\geq 2,5$ h/wk [Anzahl]	17 (77,3 %)	20 (90,9 %)	18 (85,7 %)
Bewegung $< 2,5$ h/wk [Anzahl]	5 (22,7 %)	2 (9,1 %)	3 (14,3 %)
Erkrankungsdauer [Jahre]	10,2 ($\pm 8,1$)	-	11,7 ($\pm 10,6$)
stationäre Aufenthalte [Anzahl]	4,2 ($\pm 3,3$)	-	4,8 ($\pm 6,5$)
stationäre Behandlung [Anzahl]	3 (13,6 %)	-	2 (9,5 %)
teilstationäre Behandlung [Anzahl]	4 (18,2 %)	-	-
ambulante Behandlung [Anzahl]	15 (68,2 %)	-	19 (90,5 %)
CPZ-Tagesdosis ² [mg/d]	925 (± 796)	-	352 (± 323)
Antipsychotikum [Anzahl]	22 (100 %)	-	17 (81,0 %)
kein Antipsychotikum [Anzahl]	-	-	4 (19,0 %)

¹ Der genauen Auswertung von Sportaktivität und Bewegungsgewohnheiten widmet sich Abschnitt 4.3.1.

² Detailliertere Angaben zur Medikation finden sich in Abschnitt 4.3.4.

4.2 Intervention

Die Messungen während der Trainingseinheiten geben Aufschluss über die Art der Trainingsreize, die Unterschiede zwischen den Interventionsgruppen und somit über die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen der Versuchsgruppe (Schizophrenie Ausdauer) und den beiden Kontrollbedingungen. Es können Hinweise auf mögliche Trainingseffekte abgeleitet werden.

4.2.1 Ausdauertraining

Das Training unter standardisierten Bedingungen mit kontinuierlicher Kontrolle der Trainingsparameter führte zu vergleichbaren Trainingsinterventionen in beiden Ausdauergruppen. Tabelle 4.3 zeigt die Ergebnisübersicht über die wichtigsten Trainingsparameter der Ausdauerintervention für Patienten und gesunde Kontrollprobanden in der Gegenüberstellung.

Tab. 4.3. Ergebnisse des Ausdauertrainings als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung der Patienten-
gruppe ($n = 22$) und der gesunden Kontrollgruppe ($n = 22$)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer
<i>Interventionsdauer</i> [Tage]	82 $\pm$ 6	82 $\pm$ 4
<i>Beteiligung</i> [%]	91,9 $\pm$ 9,1	92,2 $\pm$ 6,8
<i>P</i> [W]	85,8 $\pm$ 30,5	106,8 $\pm$ 28,4
<i>HR_{mean}</i> [min^{-1}]	124,9 $\pm$ 12,9	128,5 $\pm$ 12,7
<i>HR_{max}</i> [min^{-1}]	135,3 $\pm$ 13,1	139,2 $\pm$ 12,7
<i>U</i> [min^{-1}]	71,6 $\pm$ 10,3	79,9 $\pm$ 12,0
<i>La</i> [mmol/l]	1,9 $\pm$ 0,7	1,9 $\pm$ 0,5
<i>RPE</i> [Pkt.]	10,9 $\pm$ 1,6	10,6 $\pm$ 1,8

Statistischer Vergleich der Ausdauergruppen Statistisch signifikante Unterschiede im Vergleich der Messwerte des Ausdauertrainings auf den Fahrradergometern der beiden Gruppen entstanden nur bei den Parametern Leistung (*P*) und Trittfrequenz (*U*, $p \leq 0,05$). Wie Tabelle 4.3 zeigt, trainierten die Patienten mit einer um 21 W niedrigeren Leistung und einer niedrigeren Trittfrequenz. Das Training der Patienten und gesunden Kontrollprobanden unterschied sich nicht signifikant in den Parametern Interventionsdauer ($p = 0,860$), Beteiligung ($p = 0,917$), Herzfrequenz (*HR*, $p \geq 0,300$), Laktatkonzentration (*La*, $p = 0,975$) und Anstrengungsempfinden (*RPE*, $p = 0,542$).

4.2.2 Tischfußballtraining

Zum Vergleich der beiden Interventionsformen folgt die Ergebnisübersicht über die wichtigsten Trainingsparameter der Tischfußballintervention (s. Tabelle 4.4).

Tab. 4.4. Ergebnisse des Tischfußballtrainings als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung der Patientengruppe ($n = 21$)

	Schizophrenie Tischfußball
<i>Interventionsdauer</i> [Tage]	80 $\pm$ 4
<i>Beteiligung</i> [%]	92,5 $\pm$ 7,7
<i>HR_{mean}</i> [min ⁻¹]	102,6 $\pm$ 10,0
<i>HR_{max}</i> [min ⁻¹]	117,0 $\pm$ 12,2
<i>La</i> [mmol/l]	1,2 $\pm$ 0,3
<i>RPE</i> [Pkt.]	11,3 $\pm$ 1,2

Statistischer Vergleich der unterschiedlichen Interventionsformen Die den Tabellen 4.3 und 4.4 zugrunde liegenden Daten wurden einer einfaktoriellen ANOVA zur Analyse der Unterschiede zwischen Ausdauer- und Tischfußball-Patientengruppen unterzogen. Hierbei zeigten sich signifikante Unterschiede bei der durchschnittlichen und der maximalen Herzfrequenz ($p \leq 0,001$) sowie der Laktatkonzentration ($p = 0,001$), jedoch keine signifikanten Unterschiede bei der Interventionsdauer ($p = 0,321$), der Beteiligung ($p = 0,817$) und beim Anstrengungsempfinden ($p = 0,422$). Hinsichtlich der Trainingshäufigkeit mit knapp über 90 % und der Interventionsdauer von 80 bzw. 82 Tagen stellen sich die Interventionsgruppen vergleichbar dar. Die Herzfrequenzen und Laktatkonzentrationen der Tischfußball-Patientengruppe liegen unter denen der Ausdauer-Patientengruppe.

Abbildung 4.1 zeigt die großen interindividuellen Unterschiede bei der Herzfrequenz und die Reaktion der Herzfrequenz auf psychische Einflüsse anhand exemplarischer Herzfrequenzverläufe verschiedener Patienten beim Tischfußballspielen.

Abb. 4.1. Herzfrequenzverläufe verschiedener Patienten beim Tischfußballspielen

4.2.3 Evaluation der Intervention

Auf den nicht personenbezogenen Evaluationsbögen gaben die Studienteilnehmer nach Abschluss der Interventionsphase (V 3) an, wie ihnen das Training auf den Fahrradergometern oder beim Tischfußball gefallen hat. Im Durchschnitt bewerteten die Patienten der Ausdauergruppe das Ausdauertraining mit $8,2 \pm 1,6$ von 10 Punkten, wobei 10 der Aussage „Es hat mir sehr gut gefallen.“ und 0 der Aussage „Es hat mir gar nicht gefallen.“ entsprachen. Die Patienten der Tischfußballgruppe bewerteten ihre Intervention mit durchschnittlich $8,5 \pm 1,9$ Punkten. Die gesunden Kontrollprobanden bewerteten das Ausdauertraining mit $8,8 \pm 1,5$ Punkten. Die Unterschiede zwischen den Bewertungen der verschiedenen Interventionsgruppen erreichten keine statistische Signifikanz ($p \geq 0,149$). Auf die Frage, ob die Studienteilnehmer Interesse hätten an sporttherapeutischen Angeboten teilzunehmen, antworteten 12 Patienten (60 %) der Ausdauergruppe mit „ja“. 4 Patienten (20 %) der Ausdauergruppe gaben „nein“ an und 4 (20 %) kreuzten das Feld „Ich kann mich nicht entscheiden.“ an.

4.2.4 Kognitives Training

Auch das computergestützte kognitive Training wurde hinsichtlich der Prüfung auf einen Trainingseffekt innerhalb der Intervention selbst untersucht (s. Tabelle 4.5). Grundlage hierfür stellten die in der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE berechneten Gesamtwerte dar (s. Abschnitt 3.2.3).

4 Ergebnisse

Tab. 4.5. Ergebnisse des kognitiven Trainings für die Interventionsgruppen: Mittelwerte der Gesamtwerte der Einheit 1 und 2 (Mittelwert 1) bzw. der letzten und vorletzten Einheit (Mittelwert 2) (Schizophrenie Ausdauer: $n = 19$ bis 21; Gesunde Ausdauer: $n = 20$ bis 22; Schizophrenie Tischfußball: $n = 20$ bis 21)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
„Merken“ (Namenpacks)			
Mittelwert 1 [%]	94,3 ± 8,8	98,5 ± 1,6	95,8 ± 5,7
Mittelwert 2 [%]	92,9 ± 10,2	98,8 ± 1,7	95,6 ± 7,0
p -Wert	1,000	0,317	0,439
„Route“			
Mittelwert 1 [%]	75,4 ± 11,1	82,9 ± 9,1	74,2 ± 18,6
Mittelwert 2 [%]	79,2 ± 15,6	88,4 ± 9,1	75,3 ± 20,9
p -Wert	0,089	0,005	0,693
„Merken“ (Formenpacks)			
Mittelwert 1 [%]	86,6 ± 12,1	93,4 ± 5,0	88,9 ± 9,5
Mittelwert 2 [%]	90,3 ± 11,4	95,8 ± 5,8	89,6 ± 9,7
p -Wert	0,183	0,059	0,739
„Schilderwald“			
Mittelwert 1 [%]	78,1 ± 10,9	82,4 ± 8,5	79,5 ± 9,6
Mittelwert 2 [%]	80,1 ± 12,1	86,6 ± 13,4	81,6 ± 14,1
p -Wert	0,414	0,067	0,446
„Merken“ (Einkaufsliste)			
Mittelwert 1 [%]	55,5 ± 12,0	70,0 ± 14,9	63,5 ± 19,3
Mittelwert 2 [%]	62,9 ± 23,7	71,8 ± 17,2	64,0 ± 20,2
p -Wert	0,058	0,600	0,818
„Labyrinth“			
Mittelwert 1 [Pkt.]	17,3 ± 3,1	18,9 ± 1,5	18,3 ± 2,0
Mittelwert 2 [Pkt.]	18,0 ± 3,0	19,6 ± 0,6	18,9 ± 1,8
p -Wert	0,007	< 0,001	0,039
„Neu oder nicht“			
Mittelwert 1 [%]	98,1 ± 2,4	97,1 ± 3,4	96,2 ± 4,4
Mittelwert 2 [%]	97,6 ± 3,5	99,3 ± 1,4	97,6 ± 3,3
p -Wert	0,763	0,033	0,029
„Merken“ (Namensliste)			
Mittelwert 1 [%]	54,6 ± 18,0	67,3 ± 19,6	55,6 ± 22,7
Mittelwert 2 [%]	53,5 ± 18,4	68,3 ± 16,9	58,9 ± 21,5
p -Wert	0,738	0,709	0,321
„Folge“			
Mittelwert 1 [%]	92,6 ± 6,2	97,0 ± 4,3	93,1 ± 8,8
Mittelwert 2 [%]	95,4 ± 4,4	98,2 ± 4,8	96,3 ± 4,2
p -Wert	0,044	0,371	0,036

Tab. 4.5. (Fortsetzung)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
„Augenzeuge“			
Mittelwert 1 [%]	56,0 ± 10,4	65,6 ± 10,7	58,5 ± 10,7
Mittelwert 2 [%]	60,6 ± 11,7	72,7 ± 10,8	62,6 ± 12,2
<i>p</i> -Wert	0,026	< 0,001	0,006
„Bildarchiv“			
Mittelwert 1 [%]	72,7 ± 20,0	84,3 ± 14,0	76,1 ± 24,7
Mittelwert 2 [%]	86,5 ± 13,7	87,5 ± 14,2	81,4 ± 19,8
<i>p</i> -Wert	0,003	0,241	0,108

Statistische Analyse der Trainingsfortschritte Statistisch signifikante Trainingsfortschritte waren bei den Patienten der Ausdauergruppe bei 4 von 11 Übungen feststellbar: „Labyrinth“, „Folge“, „Augenzeuge“ und „Bildarchiv“ (s. Abbildung 4.2). Bei den Aufgaben „Labyrinth“ und „Augenzeuge“ zeigten sich auch bei der gesunden Ausdauergruppe statistisch signifikante Trainingsfortschritte. Außerdem erreichten bei dieser Gruppe auch die Verbesserungen der beiden Übungen „Route“ und „Neu oder nicht“ statistische Signifikanz (*p*-Werte s. Tabelle 4.5). Die Tischfußball-Patientengruppe erreichte zum Ende der Trainingsphase bei 4 Übungen statistisch signifikant höhere Werte als zu Beginn. Dies waren „Labyrinth“, „Neu oder nicht“, „Folge“ und „Augenzeuge“ (s. Abbildung 4.3).

4 Ergebnisse

Abb. 4.2. Graphische Darstellung der Trainingsfortschritte beim kognitiven Training anhand der Mittelwerte der Gesamtwerte der Einheit 1 und 2 (Wert 1) bzw. der letzten und vorletzten Einheit (Wert 2) für die Ausdauer-Patientengruppe links ($n = 19$ bis 21) und die gesunde Ausdauer-Kontrollgruppe rechts ($n = 20$ bis 22)

Abb. 4.3. Graphische Darstellung der Trainingsfortschritte beim kognitiven Training anhand der Mittelwerte der Gesamtwerte der Einheit 1 und 2 (Wert 1) bzw. der letzten und vorletzten Einheit (Wert 2) für die Tischfußball-Patientengruppe ($n = 20$ bis 21)

Statistischer Vergleich der Ausdauergruppen Die beiden Ausdauergruppen unterscheiden sich in einigen Variablen signifikant. Bei allen Übungen mit Ausnahme der Übung „Neu oder nicht“ liegt der Mittelwert der gesunden Kontrollgruppe im Sinne einer höheren kognitiven Leistungsfähigkeit über dem der Schizophreniepatienten der Ausdauergruppe. Signifikante Unterschiede ergaben sich beim Mittelwert 2 der Merkübung „Namenpacks“ ($p = 0,038$), bei Mittelwert 1 ($p = 0,031$) und Mittelwert 2 ($p = 0,022$) der Übung „Route“, beim Mittelwert 1 der Merkübung „Formenpacks“ ($p = 0,024$), beim Mittelwert 1 der Merkübung „Einkaufsliste“ ($p = 0,001$), bei Mittelwert 1 ($p = 0,009$) und 2 ($p = 0,002$) der Übung „Labyrinth“, beim Mittelwert 2 der Übung „Neu oder nicht“ ($p = 0,044$), bei Mittelwert 1 ($p = 0,015$) und 2 ($p = 0,012$) der Merkübung „Namensliste“, bei Mittelwert 1 ($p = 0,003$) und 2 ($p = 0,001$) der Übung „Folge“, beim Mittelwert 1 der Übung „Bildarchiv“ ($p = 0,021$) und bei den Mittelwerten 1 ($p = 0,005$) und 2 ($p = 0,002$) der Übung „Augenzeuge“. Bei allen anderen Übungen erreichten die Unterschiede keine statistische Signifikanz. Signifikante Unterschiede lagen also bei 8 Mittelwerten der ersten Einheiten und 7 Mittelwerten der letzten Einheiten vor. Bei 2 von 11 Übungen erreichten die ausdauertrainierten Schizophreniepatienten am Ende der Trainingsphase einen höheren Wert als den Ausgangswert der gesunden Kontrollgruppe zu Trainingsbeginn („Neu oder nicht“ und „Bildarchiv“). Bei allen anderen Übungen liegen auch die Werte am Ende des Trainings unter den Ausgangswerten der gesunden Vergleichspersonen.

Statistischer Vergleich der Patientengruppen Der Vergleich der beiden Patientengruppen hinsichtlich der Unterschiede der Mittelwerte 1 und 2 der einzelnen Übungen ergab keinerlei signifikante Unterschiede ($p \geq 0,158$). Die beiden Gruppen ähneln sich im Niveau der kognitiven Leistungsfähigkeit.

4.3 Untersuchungen

4.3.1 Bewegungsanamnese: Aktivitätsdauer und Bewegungsgewohnheiten

Die Auswertung der Bewegungsanamnesegespräche erlaubt Aussagen über die körperliche Aktivität der Probanden vor Beginn des Trainings (V 1), während der Interventionsphase und zu den Zeitpunkten der Nachuntersuchungen (V 3 bis V 5). Die Tabelle 4.6 dient dem Vergleich der Angaben vom Zeitpunkt V 1 mit dem Zeitpunkt V 3 und Tabelle 4.7 zeigt die Gegenüberstellung von V 3 und V 4 mit reduzierten Probandenzahlen (3 Dropouts). Aus den Untersuchungsgesprächen, die hier jeweils am Ende einer 3-monatigen Phase stattfanden, werden sowohl die Werte, die für den Untersuchungszeitpunkt gelten, dargestellt als auch Werte, die sich auf die ganze 3-monatige Phase beziehen (Intervention und Pause). In Tabelle 4.8 sind die Ergebnisse für die V 5 (ein Jahr nach Studienbeginn) bei den beiden Ausdauergruppen dargestellt (reduzierte Probandenzahlen durch 5 Dropouts sind zu berücksichtigen).

4 Ergebnisse

Tab. 4.6. Ergebnisse der Bewegungsanamnese bezüglich der körperlichen Aktivität der Probanden in Alltag, Sport und Sporttherapie sowie im Beruf für die Interventionsgruppen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung für den Interventionszeitraum (Schizophrenie Ausdauer: $n = 22$; Gesunde Ausdauer: $n = 22$; Schizophrenie Tischfußball: $n = 21$)

körperliche Aktivität	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
im Alltag [Std./Woche]			
Visite 1	5,4 $\pm$ 4,7	6,2 $\pm$ 5,8	6,9 $\pm$ 8,2
Visite 3	3,5 $\pm$ 3,5	5,6 $\pm$ 4,9	8,2 $\pm$ 10,5
bei sportlichen Tätigkeiten [Std./Woche]			
Visite 1	0,9 $\pm$ 1,5	1,3 $\pm$ 1,6	1,2 $\pm$ 2,1
Visite 3	0,4 $\pm$ 1,2	0,8 $\pm$ 1,2	1,6 $\pm$ 2,8
als Sporttherapie [Std./Woche]			
Visite 1	0,3 $\pm$ 0,4	0	0,1 $\pm$ 0,3
Visite 3	0,1 $\pm$ 0,6	0	0
Summe Freizeit [Std./Woche]			
vor Trainingsbeginn	6,6 $\pm$ 5,2	7,5 $\pm$ 5,4	8,1 $\pm$ 8,3
während Interventionsphase	4,4 $\pm$ 3,5	6,5 $\pm$ 4,8	8,9 $\pm$ 9,6
p -Wert	0,009	0,030	0,509
Beruf [Std./Wo]			
Visite 1	4,6 $\pm$ 10,6	10,9 $\pm$ 15,3	3,8 $\pm$ 8,6
Visite 3	4,2 $\pm$ 10,6	11,7 $\pm$ 16,3	2,5 $\pm$ 5,4
Gesamtsumme aus Freizeit und Beruf [Std./Woche]			
vor Trainingsbeginn	11,1 $\pm$ 10,8	18,4 $\pm$ 15,6	12,0 $\pm$ 13,0
während Interventionsphase	8,4 $\pm$ 9,6	19,0 $\pm$ 17,0	11,1 $\pm$ 12,5
p -Wert	0,025	0,513	0,819

Tab. 4.7. Ergebnisse der Bewegungsanamnese bezüglich der körperlichen Aktivität der Probanden in Alltag, Sport und Sporttherapie sowie im Beruf für die Interventionsgruppen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung für den Zeitraum Visite 3 bis 4 (Schizophrenie Ausdauer: $n = 21$; Gesunde Ausdauer: $n = 21$; Schizophrenie Tischfußball: $n = 20$)

körperliche Aktivität	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
im Alltag [Std./Woche]			
Visite 3	3,2 $\pm$ 3,3	5,4 $\pm$ 4,9	8,2 $\pm$ 10,8
Visite 4	3,5 $\pm$ 3,0	9,2 $\pm$ 10,7	4,9 $\pm$ 5,3
bei sportlichen Tätigkeiten [Std./Woche]			
Visite 3	0,5 $\pm$ 1,2	0,8 $\pm$ 1,2	1,5 $\pm$ 2,9
Visite 4	1,3 $\pm$ 1,7	1,7 $\pm$ 2,0	1,5 $\pm$ 2,2
als Sporttherapie [Std./Woche]			
Visite 3	0,1 $\pm$ 0,7	0	0
Visite 4	0,1 $\pm$ 0,5	0	0
Summe Freizeit [Std./Woche]			
während Interventionsphase	4,2 $\pm$ 3,4	6,3 $\pm$ 4,7	8,8 $\pm$ 9,9
während Pause	4,6 $\pm$ 3,3	7,9 $\pm$ 7,4	6,8 $\pm$ 6,5
p -Wert	0,573	0,127	0,251
Beruf [Std./Woche]			
Visite 3	4,4 $\pm$ 10,8	9,7 $\pm$ 13,7	2,5 $\pm$ 5,6
Visite 4	2,8 $\pm$ 9,0	11,1 $\pm$ 14,7	2,5 $\pm$ 5,5
Gesamtsumme aus Freizeit und Beruf [Std./Woche]			
während Interventionsphase	8,4 $\pm$ 9,8	17,1 $\pm$ 14,8	11,1 $\pm$ 12,8
während Pause	7,5 $\pm$ 9,2	18,7 $\pm$ 15,2	9,3 $\pm$ 9,5
p -Wert	0,827	0,275	0,251

Tab. 4.8. Ergebnisse der Bewegungsanamnese bezüglich der körperlichen Aktivität der Probanden in Alltag, Sport und Sporttherapie sowie im Beruf für die Ausdauergruppen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung für den Zeitpunkt V5 (Schizophrenie Ausdauer: $n = 19$; Gesunde Ausdauer: $n = 18$)

körperliche Aktivität	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer
im Alltag [Std./Woche] Visite 5	3,5 $\pm$ 3,1	7,9 $\pm$ 10,9
bei sportlichen Tätigkeiten [Std./Woche] Visite 5	1,4 $\pm$ 2,0	1,6 $\pm$ 2,0
als Sporttherapie [Std./Woche] Visite 5	0,1 $\pm$ 0,2	0
Summe Freizeit [Std./Woche] Visite 5	4,9 $\pm$ 4,0	9,5 $\pm$ 10,7
Beruf [Std./Woche] Visite 5	3,1 $\pm$ 9,4	10,2 $\pm$ 14,1
Gesamtsumme aus Freizeit und Beruf [Std./Woche] Visite 5	8,0 $\pm$ 9,8	19,7 $\pm$ 16,9

Statistischer Vergleich der Interventionsgruppen Die dargestellten Unterschiede der Freizeitaktivität zwischen den Ausdauergruppen erreichen keine statistische Signifikanz (Visite 1: $p = 0,557$; Intervention: $p = 0,103$; Pause: $p = 0,064$). Vergleicht man die Gesamtsummen aus körperlicher Aktivität in Beruf und Freizeit, dann ergeben sich statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Ausdauergruppen für die Interventionsphase und die Pausenphase nach der Intervention zwischen V3 und V4 (V1: $p = 0,105$; Intervention: $p = 0,019$; Pause: $p = 0,004$). Die beiden Patientengruppen unterscheiden sich zur Visite 1 und in der Pause nicht signifikant, wohl aber in der Freizeitaktivität während der Intervention (Visite 1: $p = 0,457$; Intervention: $p = 0,050$; Pause: $p = 0,174$). Die Ausdauer-Patientengruppe berichtete durchschnittlich die geringste Zeitdauer für Bewegung, die gesunde Kontrollgruppe gab eine größere Zeitdauer an als die Patientengruppen. Bei den Daten der Visite 5 in Tabelle 4.8 existieren statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Ausdauergruppen nur für die Zeitdauer körperlicher Aktivität im Beruf bzw. bei der Kombination von Beruf und Freizeit ($p \leq 0,040$).

Statistischer Vergleich der Messzeitpunkte Bei beiden Ausdauergruppen ist die Bewegungsdauer während und zum Ende der Intervention signifikant kleiner als vor Interventionsbeginn. Durch die Intervention können maximal zusätzliche 1,5 Stunden der Intervention selbst zur Bewegungsdauer hinzugezählt werden. Dies gleicht bei der gesunden Kontrollgruppe das Absinken der Bewegungsdauer außerhalb der Studie aus. Bei der Patientengruppe reicht dies nicht aus.

Zusammenhang von Berufstätigkeit und Bewegungsaktivität Aus der Tabelle 4.2 zur Charakterisierung der Probanden wird ersichtlich, dass es Unterschiede in der Berufstätigkeit zwischen den Interventionsgruppen gibt, die keine statistische Signifikanz erreichen. Im Rahmen der Bewegungsanamnese wurde erfragt, ob die Probanden einer Beschäftigung nachgehen. In Ergänzung zum rein offiziellen Status (z. B. arbeitslos oder vollbeschäftigt) wurden hier auch geringfügige Nebenbeschäftigungen, ehrenamtliche Arbeit oder Ähnliches erfasst, mit dem Ziel beschäftigte von beschäftigungslosen Probanden zu unterscheiden und die Tätigkeiten im Hinblick auf körperliche Aktivität zu erfassen. Tabelle 4.6 und Abbildung 4.4 verdeutlichen nun den Zusammenhang zwischen dem Nachgehen einer Art beruflicher Tätigkeit und körperlicher Aktivität im Vergleich von Patientengruppen und gesunder Kontrollgruppe. Abbildung 4.4 zeigt, dass sich Patienten mit Arbeit in der Freizeit mehr bewegen als Patienten ohne Arbeit und dass entgegengesetzt sich gesunde Kontrollprobanden mit Arbeit weniger in der Freizeit bewegen als Kontrollprobanden ohne Arbeit. Die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen mit Arbeit und ohne Arbeit erreichen bei den Patienten der Ausdauergruppe keine statistische Signifikanz ($p = 0,655$). Gleiches gilt auch für die gesunden Kontrollprobanden, wobei der Trend hier sehr viel deutlicher wird ($p = 0,051$) und ebenso für die Patienten der Tischfußballgruppe mit $p = 0,070$. Bei der statistischen Analyse der in Tabelle 4.6 zusammengefassten Bewegungsdauer aus Freizeit und Beruf zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Ausdauergruppen ($p = 0,015$), wobei sich die gesunden Kontrollprobanden insgesamt mehr bewegten. Beim Vergleich der Patientengruppen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede ($p \geq 0,660$).

Abb. 4.4. Balkendiagramm der wöchentlichen Bewegungsdauer bei Visite 1 in Stunden/Woche aus den Patientenangaben der Bewegungsanamnesegespräche, aufgeteilt in berufstätige (graue Balken) und nicht berufstätige Studienteilnehmer (weiße Balken) für alle Gruppen (Schizophrenie Ausdauer: $n = 22$; Schizophrenie Tischfußball: $n = 21$; Gesunde Ausdauer: $n = 22$)

Auswertung der Häufigkeiten von Aktivitätsformen Die Auswertung der Häufigkeiten, mit denen eine bestimmte Art der körperlichen Aktivität angegeben wurde, ergab als häufigste Nennung in allen drei Gruppen Gehen und Radfahren, bzw. Aktivitäten dieser zwei Kategorien. Hierzu gehören zum einen Gehen als Wegstrecke, als Spaziergang, Walking und Nordic Walking und zum anderen Rad fahren, Spinning, Ergometertraining und Ähnliches. Diese beiden Aktivitätskategorien wurden also sowohl für die Bewältigung von Wegstrecken als auch zum Vergnügen oder zum sportlichen Training genutzt. Eine detaillierte Darstellung der unterschiedlich beliebten Aktivitäten findet sich in Abbildung 4.5 mit je einem Diagramm für einen Auswertungszeitpunkt.

Abb. 4.5. Balkendiagramme der Häufigkeiten der im Bewegungsanamnesege­spräch genannten Aktivitäten für die Ausdauer-Patientengruppe (Rottöne), die Tischfußball-Patientengruppe (Blautöne) und die gesunde Kontrollgruppe (Gelbtöne) von Visite 1 (oben links), Visite 3 (oben rechts), Visite 4 (unten links) und Visite 5 (unten rechts). Die Aktivitäten wurden zur besseren Übersicht in allen Diagrammen zu Kategorien zusammengefasst: Rad (Rad fahren, Spinning, Ergometertraining), Gehen (Gehen als Wegstrecke, als Spaziergang, Walking und Nordic Walking), Haushaltsarbeiten (nur angegeben, wenn über den normalen Umfang hinaus Renovierungs- und Gartenarbeiten absolviert wurden), Gymnastik (Gymnastik, Krankengymnastik, Yoga, Pilates), Laufen (Joggen, Lauftraining, Laufband), Ballsport (Fußball und Basketball, Badminton und Tischtennis), Krafttraining (Übungen zur Kräftigung mit und ohne Geräte, im Fitnessstudio oder zu Hause), Fitnessstraining (eine nicht trennbare Mischung von Übungen zu den Bereichen Kraft, Ausdauer, Flexibilität im Fitnessstudio und als Fitnesskurs), Rollen (Roller fahren oder Inlineskating), Kampfsport (Aikido, Boxen und Wing Tsun), Tanzen (Ballett, Zumba, Gesellschaftstänze, Discobesuche), Schwimmen (nicht Baden), Therapie (Bewegungstherapie oder -bad im Rahmen der stationären oder teilstationären Behandlung in einer psychiatrischen Klinik), Reiten. (Schizophrenie Ausdauer V 1 bis V 3: n = 22; V 4: n = 21; V 5: n = 19; Schizophrenie Tischfußball V 1 bis V 3: n = 21; V 4: n = 20; Gesunde Ausdauer V 1 bis V 3: n = 22; V 4: n = 21; V 5: n = 18)

Vergleich mit Empfehlungen der World Health Organization Der Vergleich mit Empfehlungen der WHO (World Health Organization, 2010) zum notwendigen Ausmaß der körperlichen Aktivität zur Gesundheitsförderung ist in Abbildung 4.6 dargestellt. Die World Health Organization gibt Mindestanforderungen für eine gesundheitsfördernde Wirkung von Bewegung im alltäglichen Leben: 150 min/Woche körperliche Aktivität mit einer moderaten Intensität im vorwiegend aeroben Stoffwechselbereich (mit 50 % bis 60 % der maximalen Anstrengung) oder 75 min/Woche körperliche Aktivität in einem höheren Intensitätsbereich (mit 70 % bis 80 % der maximalen Anstrengung). Als Beispiele für geeignete Aktivitäten nennt die WHO z. B. schnelles Gehen, Laufen, Radfahren, Schwimmen. Laut WHO ist es möglich, dies in einem der Bereiche Freizeit, Beruf, Haushalt, Sport oder als Wegstrecke zu absolvieren. Ein zusätzliches Krafttraining (2 Einheiten/Woche) wird ebenfalls empfohlen, beim Vergleich hier aber außer Betracht gelassen (World Health Organization, 2010). Abbildung 4.6 zeigt, wie viele Teilnehmer jeder Gruppe diese Anforderungen vor Interventionsbeginn erfüllen. Der Einfluss der Intervention leistet vor diesem Hintergrund einen Beitrag von 90 Minuten Bewegung im vorwiegend aeroben Stoffwechselbereich mit einer moderaten Intensität (s. Abschnitt 4.2.1: Training mit einer durchschnittlichen Laktatkonzentration von 1,9 mmol/l und einem RPE-Wert von 11).

Abb. 4.6. Balkendiagramm der Anzahl der Studienteilnehmer, die zum Zeitpunkt der Visite 1 die WHO-Kriterien erfüllten oder nicht erfüllten (Rot für Schizophrenie Ausdauer: $n = 22$; Blau für Schizophrenie Tischfußball: $n = 21$; Gelb für Gesunde Ausdauer: $n = 22$)

Ausübung von sportlichen Aktivitäten Interessant ist auch der Vergleich der Ergebnisse einer Bewegungsanamnese mit der Erhebung der Techniker Krankenkasse (TK)

aus dem Jahr 2013 (Techniker Krankenkasse, 2013) für deutsche Bundesbürger (s. Abbildung A.23 im Anhang). Die TK nutzte das Telefoninterview (Computer-Aided Telephone Interviewing) bei 1003 Bürgern, während die Bewegungsanamnese im persönlichen Gespräch mittels Paper-Pencil-Methode durchgeführt wurde (Techniker Krankenkasse, 2013, S. 38). Beide Ergebnisse sind durch die Antworten gemäß der sozialen Erwünschtheit möglicherweise beeinflusst. Die TK schreibt: „für jeden zweiten Deutschen ist Sport kein Thema“ (Techniker Krankenkasse, 2013, S. 16). 46 % der von der TK Befragten treibt Sport (Techniker Krankenkasse, 2013, S. 16). Die Ergebnisse der Auswertung der Bewegungsanamnesegespräche für die Verteilung von Sportlern und Nichtsportlern in den Interventionsgruppen zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten sind in Tabelle 4.9 dargestellt.

Tab. 4.9. Ergebnisse der Bewegungsanamnese bezüglich der Prozentsätze für die Verteilung von Sportlern und Nichtsportlern

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
V 1: Sportler	40,9 %	59,1 %	57,1 %
V 1: Nichtsportler	59,1 %	40,9 %	42,9 %
V 3: Sportler	22,7 %	40,9 %	42,9 %
V 3: Nichtsportler	77,3 %	59,1 %	57,1 %
V 4: Sportler	61,9 %	5,0 %	60,0 %
V 4: Nichtsportler	38,1 %	33,3 %	40,0 %
V 5: Sportler	52,6 %	55,6 %	
V 5: Nichtsportler	47,4 %	44,4 %	

Statistischer Vergleich der Interventionsgruppen Statistisch signifikant sind die Unterschiede zwischen den Zeitpunkten V 1 und V 3 bei keiner der Gruppen (Schizophrenie Ausdauer: $p = 0,157$; Gesunde Ausdauer: $p = 0,157$; Schizophrenie Tischfußball: $p = 0,257$), wobei in allen Gruppen eine Reduktion des aktiven Sporttreibens während der Interventionsphase stattfand. Die Veränderungen von V 3 zu V 4 sind bei allen Gruppen statistisch signifikant (Schizophrenie Ausdauer: $p = 0,011$; Gesunde Ausdauer: $p = 0,014$; Schizophrenie Tischfußball: $p = 0,046$). Die aktive Ausübung von Sport nahm nach Abschluss der Intervention wieder zu, wobei in allen Gruppen etwas höhere Werte als vor Beginn der Intervention erreicht wurden. Diese Veränderung von V 1 zu V 4 war aber nur in der Ausdauer-Patientengruppe statistisch signifikant (Schizophrenie Ausdauer: $p = 0,025$; Gesunde Ausdauer: $p = 0,564$; Schizophrenie Tischfußball: $p = 0,705$). Bei Visite 5 trieben wieder ca. 10 % weniger Teilnehmer der Ausdauergruppen Sport als bei Visite 4 ($p \geq 0,157$). Statistisch signifikante Unterschiede liegen weder zwischen den beiden Ausdauergruppen noch zwischen den Patientengruppen vor. Dies trifft auf alle Zeitpunkte zu ($p \geq 0,159$).

Langzeitverläufe der Bewegungsaktivität Im Rahmen der Daten der Bewegungsanamnese heben sich zwei Aktivitätsverläufe der Ausdauer-Patientengruppe von den

anderen ab. Zwei männliche Probanden begannen nach Ende der Intervention ein regelmäßiges Ausdauertraining, das auf Basis der Berichte einen mit der Intervention vergleichbaren Trainingsreiz erzeugte. 9 % der Probanden setzten das Training also selbstorganisiert in vergleichbarem Maße fort. Dabei handelte es sich in einem Fall um Ergometertraining im Fitnessstudio (vom Arzt verschrieben) und im anderen Fall um Rennradfahren auf der Straße. Tabelle A.7 zeigt die Daten dieser beiden Probanden im Anhang. Bei einigen Patienten kommt es zur Wiederaufnahme sportlicher Betätigung nach Ende der Intervention, wobei diese Patienten auch schon vor Beginn der Studie sportlich aktiv waren und während der Intervention dieses nur nicht gleichzeitig ausübten. In einigen Fällen (5 Patienten aus der Ausdauergruppe) kam es zu einem Beginn sportlicher Aktivität (Laufen, Schwimmen, Wing Tsun, Fitness- und Ergometertraining), die aber wieder abgebrochen und zum nächsten Erhebungszeitpunkt nicht mehr angegeben wurde. 2 Patienten aus der Tischfußballgruppe nahmen im Anschluss an die Intervention sportliche Aktivitäten auf und blieben sportlich aktiv, ebenso wie eine Kontrollprobandin. Diese Aktivitäten ähnelten aber nicht dem Trainingsreiz der Intervention (Yoga, Tanzen, Pilates). Auf die Frage, ob sich die Bewegungsgewohnheiten von einer Visite zur nächsten verändert hätten, antwortete die Mehrheit der Patienten der Ausdauergruppe zu jedem der untersuchten Zeitpunkte mit nein (V 3: 45,5 %; V 4: 50,0 %; V 5: 68,2 %). Für die gesunden Kontrollprobanden und die Patienten der Tischfußballgruppe gilt ebenfalls, dass der größte Anteil der Probanden angab, keine Veränderungen der Bewegungsgewohnheiten bemerkt zu haben (weitere Werte s. Tabelle 4.10).

Tab. 4.10. Ergebnisse der Bewegungsanamnese bezüglich der wahrgenommenen Änderungen der Bewegungsgewohnheiten: Angabe der relativen Häufigkeiten der Antworten, die bei der Bejahung der Frage nach einer Änderung der Bewegungsgewohnheiten auf eine Steigerung oder eine Verminderung der Bewegungsaktivität schließen ließen.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
V 3: mehr Bewegung	31,8 %	22,7 %	28,6 %
V 3: weniger Bewegung	22,7 %	27,3 %	28,6 %
V 4: mehr Bewegung	22,7 %	5,0 %	16,7 %
V 4: weniger Bewegung	18,2 %	25,0 %	33,3 %
V 5: mehr Bewegung	13,6 %	22,2 %	
V 5: weniger Bewegung	4,5 %	33,3 %	

4.3.2 Belastungsuntersuchung: Ausdauerleistungsfähigkeit

Tabelle 4.11 zeigt eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen (stufenförmiger Vita maxima-Test auf dem Radergometer) der Visite 1 vor der Intervention und Visite 3 nach der Intervention für alle drei Interventionsgruppen. Die unterschiedlichen Probandenzahlen kommen durch die strenge Analyse der Daten hinsichtlich Messfehlern, Medikamenteneinflüssen und Ausbelastungskriterien zustande

(nähere Erläuterung s. Abschnitt 3.3.3). Zu Beachten ist auch, dass bei einem großen Anteil der Patienten eine Herzfrequenz von 170 Schlägen pro Minute nicht erreicht wurde, sodass die *PWC*-Werte zum Teil durch Extrapolation ermittelt werden mussten (s. detaillierte Erklärung zur Extrapolation in Abschnitt 3.3.3). Tabelle 4.12 zeigt die gleichen Parameter für die Visiten 3 und 4 mit durch 3 Dropouts leicht reduzierten Probandenzahlen. Tabelle 4.13 zeigt den Vergleich der Werte zu den Zeitpunkten V 4 und V 5 für beide Ausdauergruppen wieder mit reduzierten Probandenzahlen durch insgesamt 5 Dropouts. Überblicksartig zusammengefasst zeigen die Tabellen für die Ausdauergruppen in vielen Variablen höhere Werte bei V 3 im Vergleich zu V 1 und ein anschließendes Absinken von V 3 zu V 4. Eine Ausnahme bilden die Werte der Sauerstoffaufnahme. Hier zeigen sich keine signifikanten Veränderungen. Patienten und Kontrollprobanden unterscheiden sich bei der Veränderung der Leistung bei festgelegten Laktatkonzentrationen (s. Abbildung 4.8). Während gesunde Probanden bei V 3 eine höhere Leistung bei gleichbleibender Laktatkonzentration erbringen, liegen für die Patienten nach dem Ausdauertraining hier keine signifikanten Veränderungen vor. Beim Vergleich der Untersuchungsdaten vor und nach der Tischfußballintervention zeigen sich keinerlei statistisch signifikante Unterschiede, mit Ausnahme der Leistung bei einer Laktatkonzentration von 4 mmol/l. Im Anhang finden sich zum Vergleich die Daten für Leistung und Sauerstoffaufnahme ohne Ausschlüsse wegen fraglicher Ausbelastung (s. Tabelle A.8).

Tab. 4.11. Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen für die Interventionsgruppen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 1 und 3: Die *Physical Working Capacity* (*PWC*) wurde durch lineare Inter- und Extrapolation bestimmt und die Leistung bei festgelegten Laktatkonzentrationen (P_{La}) durch Inter- und Extrapolation mit einem Polynom 3. Grades. Der für die Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$) angegebene Wert entspricht dem höchsten gleitenden Mittelwert über jeweils 15 Atemzüge. Die maximal im Test erreichte Leistung (P) errechnet sich über die Summe aus der Leistung der letzten vollendeten Stufe plus 0,1389 Watt pro Sekunde der angetretenen letzten Stufe.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>PWC130</i>			
<i>n</i>	19	22	18
Visite 1 [W]	95,2 $\pm$ 29,5	106,9 $\pm$ 32,1	96,1 $\pm$ 29,1
Visite 3 [W]	110,6 $\pm$ 36,8	119,5 $\pm$ 34,6	99,1 $\pm$ 34,7
<i>p</i> -Wert	0,005	0,011	0,552
<i>PWC150</i>			
<i>n</i>	20	22	19
Visite 1 [W]	128,5 $\pm$ 43,0	143,6 $\pm$ 38,0	126,0 $\pm$ 44,8
Visite 3 [W]	146,8 $\pm$ 44,1	159,5 $\pm$ 38,1	134,8 $\pm$ 48,6
<i>p</i> -Wert	0,001	<0,001	0,123

Tab. 4.11. (Fortsetzung)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>PWC170</i>			
<i>n</i>	19	22	17
Visite 1 [W]	165,2 ± 45,0	184,7 ± 44,4	153,7 ± 44,0
Visite 3 [W]	190,8 ± 53,0	206,7 ± 44,1	158,6 ± 43,1
<i>p</i> -Wert	<0,001	<0,001	0,327
<i>P_{La2}</i>			
<i>n</i>	20	22	20
Visite 1 [W]	90,5 ± 39,8	102,0 ± 37,5	83,1 ± 32,0
Visite 3 [W]	98,2 ± 43,3	119,6 ± 36,7	89,5 ± 38,8
<i>p</i> -Wert	0,229	0,019	0,340
<i>P_{La3}</i>			
<i>n</i>	19	21	21
Visite 1 [W]	123,3 ± 34,9	137,5 ± 37,0	107,9 ± 35,4
Visite 3 [W]	125,0 ± 44,3	150,4 ± 31,0	116,8 ± 39,4
<i>p</i> -Wert	0,714	0,010	0,052
<i>P_{La4}</i>			
<i>n</i>	18	22	20
Visite 1 [W]	143,7 ± 35,7	158,1 ± 35,0	126,5 ± 38,4
Visite 3 [W]	145,2 ± 45,6	169,0 ± 30,5	136,9 ± 40,9
<i>p</i> -Wert	0,767	0,004	0,015
<i>$\dot{V}_{O_2}$</i>			
<i>n</i>	11	15	13
Visite 1 [l min ⁻¹]	2,566 ± 0,731	3,039 ± 0,627	2,852 ± 0,808
Visite 3 [l min ⁻¹]	2,839 ± 0,899	3,050 ± 0,709	2,759 ± 0,654
<i>p</i> -Wert	0,074	0,902	0,397
<i>P</i>			
<i>n</i>	11	17	13
Visite 1 [W]	171,3 ± 48,5	207,5 ± 39,8	178,0 ± 48,8
Visite 3 [W]	187,3 ± 53,5	220,0 ± 46,4	181,1 ± 49,4
<i>p</i> -Wert	0,003	0,015	0,297

Tab. 4.12. Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen für die Interventionsgruppen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 3 und 4: Die Physical Working Capacity (PWC) wurde durch lineare Inter- und Extrapolation bestimmt und die Leistung bei festgelegten Laktatkonzentrationen (P_{La}) durch Inter- und Extrapolation mit einem Polynom 3. Grades. Der für die Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$) angegebene Wert entspricht dem höchsten gleitenden Mittelwert über jeweils 15 Atemzüge. Die maximal im Test erreichte Leistung (P) errechnet sich über die Summe aus der Leistung der letzten vollendeten Stufe plus 0,1389 Watt pro Sekunde der angetretenen letzten Stufe.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>PWC130</i>			
<i>n</i>	19	21	18
Visite 3 [W]	106,0 $\pm$ 41,2	116,9 $\pm$ 33,1	93,7 $\pm$ 32,1
Visite 4 [W]	98,0 $\pm$ 41,6	110,4 $\pm$ 28,0	84,1 $\pm$ 34,0
<i>p</i> -Wert	0,092	0,085	0,015
<i>PWC150</i>			
<i>n</i>	19	21	18
Visite 3 [W]	146,6 $\pm$ 45,3	156,9 $\pm$ 37,1	132,6 $\pm$ 49,0
Visite 4 [W]	143,2 $\pm$ 53,7	147,4 $\pm$ 32,8	126,8 $\pm$ 41,3
<i>p</i> -Wert	0,484	0,030	0,105
<i>PWC170</i>			
<i>n</i>	16	21	16
Visite 3 [W]	185,2 $\pm$ 49,0	204,0 $\pm$ 43,3	155,3 $\pm$ 42,3
Visite 4 [W]	174,1 $\pm$ 54,4	190,1 $\pm$ 39,3	154,8 $\pm$ 41,0
<i>p</i> -Wert	0,046	0,003	0,904
<i>P_{La2}</i>			
<i>n</i>	19	19	20
Visite 3 [W]	88,8 $\pm$ 37,4	115,7 $\pm$ 36,4	86,5 $\pm$ 37,1
Visite 4 [W]	82,7 $\pm$ 39,1	97,6 $\pm$ 25,5	82,2 $\pm$ 38,1
<i>p</i> -Wert	0,189	0,035	0,318
<i>P_{La3}</i>			
<i>n</i>	16	21	20
Visite 3 [W]	119,3 $\pm$ 40,5	150,1 $\pm$ 31,0	114,6 $\pm$ 39,1
Visite 4 [W]	102,8 $\pm$ 27,5	134,7 $\pm$ 27,5	110,2 $\pm$ 40,0
<i>p</i> -Wert	0,063	0,006	0,143
<i>P_{La4}</i>			
<i>n</i>	15	21	19
Visite 3 [W]	138,5 $\pm$ 43,9	168,7 $\pm$ 31,2	134,7 $\pm$ 40,8
Visite 4 [W]	128,2 $\pm$ 42,0	154,8 $\pm$ 27,2	131,1 $\pm$ 41,2
<i>p</i> -Wert	0,065	0,005	0,174

Tab. 4.12. (Fortsetzung)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
$\dot{V}_{O_2}$			
<i>n</i>	10	14	9
Visite 3 [l min^{-1}]	$2,628 \pm 0,725$	$2,904 \pm 0,664$	$2,890 \pm 0,588$
Visite 4 [l min^{-1}]	$2,476 \pm 0,674$	$2,993 \pm 0,712$	$2,838 \pm 0,733$
<i>p</i> -Wert	0,302	0,481	0,789
<i>P</i>			
<i>n</i>	10	15	10
Visite 3 [W]	$176,8 \pm 48,9$	$211,5 \pm 41,4$	$190,7 \pm 49,9$
Visite 4 [W]	$164,2 \pm 48,6$	$205,8 \pm 37,0$	$190,9 \pm 47,7$
<i>p</i> -Wert	0,247	0,262	0,906

Tab. 4.13. Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen für die Ausdauergruppen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 4 und 5: Die Physical Working Capacity (PWC) wurde durch lineare Inter- und Extrapolation bestimmt und die Leistung bei festgelegten Laktatkonzentrationen (P_{La}) durch Inter- und Extrapolation mit einem Polynom 3. Grades. Der für die Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$) angegebene Wert entspricht dem höchsten gleitenden Mittelwert über jeweils 15 Atemzüge. Die maximal im Test erreichte Leistung (*P*) errechnet sich über die Summe aus der Leistung der letzten vollendeten Stufe plus 0,1389 Watt pro Sekunde der angetretenen letzten Stufe.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer
<i>PWC130</i>		
<i>n</i>	16	18
Visite 4 [W]	$105,2 \pm 44,0$	$110,2 \pm 30,1$
Visite 5 [W]	$107,8 \pm 50,3$	$112,2 \pm 30,8$
<i>p</i> -Wert	0,597	0,638
<i>PWC150</i>		
<i>n</i>	16	18
Visite 4 [W]	$150,6 \pm 57,2$	$148,0 \pm 34,6$
Visite 5 [W]	$152,1 \pm 58,1$	$149,1 \pm 36,0$
<i>p</i> -Wert	0,744	0,784
<i>PWC170</i>		
<i>n</i>	13	18
Visite 4 [W]	$181,5 \pm 60,3$	$191,2 \pm 40,6$
Visite 5 [W]	$184,6 \pm 67,9$	$193,1 \pm 43,4$
<i>p</i> -Wert	0,494	0,649

Tab. 4.13. (Fortsetzung)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer
P_{La_2}		
n	15	16
Visite 4 [W]	81,9 ± 41,4	98,6 ± 27,7
Visite 5 [W]	76,2 ± 41,3	104,1 ± 31,5
p -Wert	0,322	0,388
P_{La_3}		
n	15	18
Visite 4 [W]	100,0 ± 26,2	136,1 ± 29,3
Visite 5 [W]	101,4 ± 39,3	134,1 ± 35,3
p -Wert	0,872	0,658
P_{La_4}		
n	14	18
Visite 4 [W]	129,1 ± 45,4	155,9 ± 28,9
Visite 5 [W]	123,0 ± 45,4	150,3 ± 34,4
p -Wert	0,290	0,059
$\dot{V}_{O_2}$		
n	9	15
Visite 4 [l min ⁻¹]	2,483 ± 0,814	2,991 ± 0,781
Visite 5 [l min ⁻¹]	2,690 ± 0,611	2,931 ± 0,633
p -Wert	0,274	0,608
P		
n	9	15
Visite 4 [W]	169,0 ± 52,7	207,4 ± 38,5
Visite 5 [W]	166,6 ± 48,5	201,6 ± 45,9
p -Wert	0,714	0,382

Statistischer Vergleich der Interventionsgruppen Die Ergebnisse des Vergleichs der Gruppen auf signifikante Unterschiede zeigt Tabelle 4.17. Signifikante Unterschiede liegen für die Patientengruppen nicht vor, die Ausdauergruppen unterscheiden sich jedoch bezüglich der maximal erreichten Leistung bei V 1 bis V 4 (V 1: $p = 0,005$; V 3: $p = 0,018$; V 4: $p = 0,021$) und ab Visite 3 auch bei der Leistung bei einer Laktatkonzentration von 3 und 4 mmol/l ($p \leq 0,023$), mit Ausnahme der Leistung bei 4 mmol/l zum Zeitpunkt V 5. Bei Studienbeginn war die Leistung der Ausdauer-Patientengruppe 36,2 W niedriger als in der gesunden Kontrollgruppe. Dieser Unterschied blieb auch bei den Nachuntersuchungen bestehen; bei V 3 beträgt er 32,7 W, bei V 4 41,6 W und 34,7 W bei V 5. Bei der zweifaktoriellen Varianzanalyse der maximal in den Belastungsuntersuchungen der V 1 und V 3 erreichten Leistung der zwei Patientengruppen ergab sich ein statistisch signifikanter Interaktionseffekt der Faktoren Zeit und Gruppe ($p = 0,014$). Dass sich also die Leistung der beiden Patientengruppen über die Zeit signifikant unterschiedlich veränderte, veranschaulicht auch das rechte Diagramm in

Abbildung 4.7. Anhand des Parameters Leistung wird aus dem linken Diagramm in Abbildung 4.7 zudem deutlich, dass die Ausdauerintervention auf Patienten und Gesunde sehr ähnlich wirkte, auch wenn die Patienten ein geringeres Leistungsniveau hatten (Zeit*Gruppe-Interaktion: $p = 0,603$). Auch für die maximal erreichte Sauerstoffaufnahme lag beim Vergleich der Patientengruppen eine signifikante Interaktion der Faktoren Zeit und Gruppe vor ($p = 0,043$). Für die anderen Parameter ergaben sich keine signifikanten Interaktionseffekte.

Graphische Darstellung Die Abbildungen 4.7 bis 4.15 zeigen die Veränderungen von V1 zu V3 sowie zu V4 und V5 graphisch für alle Gruppen. Dabei wurde die maximal erreichte Leistung beispielhaft für beide Geschlechter getrennt dargestellt. Ergebnistabellen mit den Werten für die einzelnen Subgruppen Frauen und Männer für alle untersuchten Parameter finden sich im Anhang (s. Tabellen A.13 bis A.18).

Abb. 4.7. Graphische Darstellung der Interaktionseffekte für die in den Belastungsuntersuchungen der Visite 1 und 3 maximal erreichte Leistung in Watt für die Ausdauergruppen (links) und die beiden Patientengruppen mit unterschiedlichen Interventionen (rechts)

Abb. 4.8. Graphische Darstellung der unterschiedlichen Veränderungen der Leistungen bei 2 mmol/l (links), 3 mmol/l (Mitte) und 4 mmol/l (rechts) Laktatkonzentration aus den Belastungsuntersuchungen der Visite 1 und 3 in Watt für die Ausdauergruppen (Rottöne: Schizophrenie Ausdauer; Gelbtöne: Gesunde Ausdauer)

Abb. 4.9. Balkendiagramm der in den Belastungsuntersuchungen der Visite 1 und Visite 3 maximal erreichten Leistung in Watt für alle Gruppen unterteilt nach Geschlecht

Abb. 4.10. Balkendiagramm der in den Belastungsuntersuchungen der Visite 3 und Visite 4 maximal erreichten Leistung in Watt für alle Gruppen unterteilt nach Geschlecht

Abb. 4.11. Balkendiagramm der in den Belastungsuntersuchungen der Visite 4 und Visite 5 maximal erreichten Leistung in Watt für die Ausdauergruppen unterteilt nach Geschlecht

Abb. 4.12. Balkendiagramm der Physical Working Capacity 130 (PWC130) in Watt in den Belastungsuntersuchungen der Visite 1, 3 und 4 für alle Gruppen

Abb. 4.13. Balkendiagramm der Physical Working Capacity 150 (PWC150) in Watt in den Belastungsuntersuchungen der Visite 1, 3 und 4 für alle Gruppen

Abb. 4.14. Balkendiagramm der Leistung in Watt bei 2 mmol/l Laktatkonzentration in den Belastungsuntersuchungen der Visite 1, 3 und 4 für alle Gruppen

Abb. 4.15. Balkendiagramm der Leistung in Watt bei 3 mmol/l Laktatkonzentration in den Belastungsuntersuchungen der Visite 1, 3 und 4 für alle Gruppen

Ergebnisse zu Maximalwerten und Ausbelastung Zur Abbildung des Ausbelastungsgrades zeigen Tabellen 4.14, 4.15 und 4.16 eine Übersicht über maximal erreichte

Werte für die Zeitpunkte V 1 und V 3 sowie V 3 und V 4 für alle Interventionsgruppen und für den Zeitpunkt V 5 für die beiden Ausdauergruppen. Bei der Darstellung dieser Maximalwerte fand kein Ausschluss von Werten aufgrund von Ausbelastungskriterien statt, sondern es wird ein Überblick über alle Untersuchungen gegeben. Signifikante Unterschiede zwischen den Zeitpunkten liegen nur bei der Ausdauer-Patientengruppe vor, aber auch hier nur bei den Variablen maximales Anstrengungsempfinden und maximal gemessene Laktatkonzentration ($p \leq 0,046$). Während das Anstrengungsempfinden durchschnittlich geringer eingestuft wird bei V 3 im Vergleich zu V 1, ist die maximale Laktatkonzentration im Mittelwert höher bei der Untersuchung nach der Intervention (V 3). Bei der Variablen der objektiven Ausbelastung lagen bei keiner Gruppe statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten vor. Der Blick in die individuellen Daten zeigt jedoch, dass auch bei der Ausbelastung Unterschiede bei den einzelnen Probanden vorlagen (s. individuelle Auswertung in den Abbildungen 4.16 bis 4.18). Die Tabellen 4.14, 4.15 und 4.16 zeigen unter anderem Durchschnittswerte für die maximal im Test erreichte Herzfrequenz. Bei der Ausdauer-Patientengruppe ergab sich im Mittel zu allen Zeitpunkten ein Wert unter 170 Schlägen pro Minute. Ergänzend ist festzustellen, dass eine Herzfrequenz von über 170 Schlägen pro Minute bei 44 von insgesamt 84 Untersuchungen nicht erreicht wurde und die *PWC170*-Werte in diesen Fällen nur durch Extrapolation errechnet werden konnten. Bei der Patientengruppe mit Tischfußballintervention lagen die maximal erreichten Herzfrequenzen im Mittel bei ca. 174 Schlägen pro Minute, aber auch hier erreichten die Patienten in 26 von 62 Untersuchungen nicht die Marke von 170 Schlägen pro Minute. Auch bei 18 von insgesamt 83 Untersuchungen der gesunden Ausdauergruppe blieb eine Herzfrequenz von 170 Schlägen pro Minute unerreicht. Die Maximalwerte betrugen bei der gesunden Kontrollgruppe im Durchschnitt ca. 181 Schläge pro Minute. Sichtbar wird der Unterschied im Herzfrequenzverhalten der Patienten und gesunden Kontrollprobanden an der Grenze 150 Schläge pro Minute. In 15 Untersuchungen der Ausdauergruppe und 8 Untersuchungen der Tischfußballgruppe wurde auch diese Herzfrequenz nicht erreicht, während die maximal erreichte Herzfrequenz der Kontrollprobanden stets über 150 Schlägen pro Minute lag. Trotz Mittelwerten der maximal erreichten Laktatkonzentration von deutlich über 4 mmol/l gab es einen kleinen Anteil an Probanden, die die Untersuchungen abbrachen, ohne 4 mmol/l Laktatkonzentration zu erreichen: Dies trat bei 12 Untersuchungen der Ausdauer-Patientengruppe und 2 Untersuchungen der gesunden Kontrollgruppe auf.

Statistischer Vergleich der Interventionsgruppen Nach dem statistischen Vergleich der Messzeitpunkte folgt zunächst der Vergleich der Ausdauergruppen: Signifikante Unterschiede zeigten sich bei der Atemfrequenz der letzten 30 Testsekunden bei V 1 und V 3 (V 1: $p = 0,026$; V 3: $p = 0,043$) sowie der maximalen Herzfrequenz (V 1: $p = 0,005$; V 3: $p = 0,018$; V 4: $p = 0,021$) und Laktatkonzentration (V 1: $p < 0,001$; V 3: $p = 0,005$; V 4: $p = 0,012$) als auch beim *RQ* der letzten 30 Testsekunden der V 3 ($p = 0,033$) und dem maximal genannten *RPE*-Wert (V 1: $p = 0,013$; V 3: $p = 0,001$; V 4: $p = 0,008$). Die Ausbelastung – anhand der objektiven Kriterien beurteilt – unterschied sich signifikant bei V 1 und V 3 (V 1: $p < 0,001$; V 3: $p = 0,002$). Alle anderen Variablen unterschieden sich nicht signifikant. Alle p -Werte sind der Tabelle 4.17 zu entnehmen. Zwischen den beiden Patientengruppen bestehen signifikante Unterschiede nur bei der maximalen Laktatkonzentration der V 1 ($p = 0,001$).

Tab. 4.14. Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen für die Interventionsgruppen bezüglich der im Test maximal erreichten Einzelwerte der Herzfrequenz (HR), der Laktatkonzentration (La) und des Anstrengungsempfindens (RPE) sowie aus den letzten 30 Testsekunden gemittelte Werte des Respiratorischen Quotienten (RQ), des Atemäquivalents für Sauerstoff ($\dot{V}\text{O}_2$), der Atemfrequenz (AR) und Angabe des errechneten Wertes für den Grad der objektiven Ausbelastung als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung für die Zeitpunkte Visite 1 und 3

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>HR</i>			
<i>n</i>	22	22	21
Visite 1 [min^{-1}]	168,0 $\pm$ 16,1	181,7 $\pm$ 14,2	175,1 $\pm$ 18,6
Visite 3 [min^{-1}]	167,9 $\pm$ 16,2	179,2 $\pm$ 14,3	172,7 $\pm$ 21,8
<i>p</i> -Wert	0,960	0,173	0,234
<i>La</i>			
<i>n</i>	22	22	21
Visite 1 [mmol/l]	6,4 $\pm$ 1,8	10,1 $\pm$ 3,1	8,7 $\pm$ 2,6
Visite 3 [mmol/l]	7,3 $\pm$ 2,6	9,9 $\pm$ 3,1	7,9 $\pm$ 2,7
<i>p</i> -Wert	0,035	0,690	0,062
<i>RQ</i>			
<i>n</i>	22	20	21
Visite 1	1,123 $\pm$ 0,139	1,190 $\pm$ 0,123	1,139 $\pm$ 0,154
Visite 3	1,127 $\pm$ 0,145	1,221 $\pm$ 0,164	1,118 $\pm$ 0,201
<i>p</i> -Wert	0,905	0,425	0,643
<i>$\dot{V}\text{O}_2$</i>			
<i>n</i>	22	20	21
Visite 1	34,8 $\pm$ 6,5	36,7 $\pm$ 7,4	38,2 $\pm$ 11,1
Visite 3	36,2 $\pm$ 6,2	37,4 $\pm$ 7,7	38,2 $\pm$ 9,0
<i>p</i> -Wert	0,119	0,513	0,994
<i>AR</i>			
<i>n</i>	22	21	21
Visite 1 [min^{-1}]	37,3 $\pm$ 6,8	42,7 $\pm$ 8,0	39,5 $\pm$ 6,1
Visite 3 [min^{-1}]	38,7 $\pm$ 7,4	43,0 $\pm$ 5,9	39,7 $\pm$ 7,8
<i>p</i> -Wert	0,221	0,862	0,834
<i>objektive Ausbelastung</i>			
<i>n</i>	22	22	21
Visite 1	0,43 $\pm$ 0,22	0,69 $\pm$ 0,16	0,55 $\pm$ 0,25
Visite 3	0,48 $\pm$ 0,20	0,70 $\pm$ 0,23	0,51 $\pm$ 0,24
<i>p</i> -Wert	0,405	0,564	0,405
<i>RPE</i>			
<i>n</i>	17	21	21
Visite 1 [Pkt.]	17,1 $\pm$ 1,9	18,5 $\pm$ 1,8	18,2 $\pm$ 1,8
Visite 3 [Pkt.]	16,2 $\pm$ 2,7	18,4 $\pm$ 1,4	17,6 $\pm$ 2,2
<i>p</i> -Wert	0,046	0,467	0,593

Tab. 4.15. Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen für die Interventionsgruppen bezüglich der im Test maximal erreichten Einzelwerte der Herzfrequenz (HR), der Laktatkonzentration (La) und des Anstrengungsempfindens (RPE) sowie aus den letzten 30 Testsekunden gemittelte Werte des Respiratorischen Quotienten (RQ), des Atemäquivalents für Sauerstoff ($\ddot{A}\ddot{A}_{O_2}$), der Atemfrequenz (AR) und Angabe des errechneten Wertes für den Grad der objektiven Ausbelastung als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung für die Zeitpunkte Visite 3 und 4

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>HR</i>			
<i>n</i>	21	21	20
Visite 3 [min^{-1}]	$166,7 \pm 15,6$	$179,5 \pm 14,6$	$173,4 \pm 22,1$
Visite 4 [min^{-1}]	$168,2 \pm 19,9$	$180,3 \pm 12,0$	$173,3 \pm 19,0$
<i>p</i> -Wert	0,482	0,679	0,912
<i>La</i>			
<i>n</i>	21	21	20
Visite 3 [mmol/l]	$7,1 \pm 2,5$	$9,5 \pm 2,7$	$8,0 \pm 2,7$
Visite 4 [mmol/l]	$7,1 \pm 3,2$	$9,4 \pm 2,4$	$8,5 \pm 2,8$
<i>p</i> -Wert	0,949	0,737	0,263
<i>RQ</i>			
<i>n</i>	20	20	18
Visite 3	$1,124 \pm 0,150$	$1,239 \pm 0,176$	$1,118 \pm 0,213$
Visite 4	$1,165 \pm 0,177$	$1,154 \pm 0,134$	$1,160 \pm 0,152$
<i>p</i> -Wert	0,237	0,057	0,489
<i>$\ddot{A}\ddot{A}_{O_2}$</i>			
<i>n</i>	20	20	18
Visite 3	$35,8 \pm 6,3$	$37,5 \pm 7,8$	$39,4 \pm 9,2$
Visite 4	$37,0 \pm 6,8$	$36,5 \pm 6,3$	$39,9 \pm 11,1$
<i>p</i> -Wert	0,329	0,510	0,816
<i>AR</i>			
<i>n</i>	21	20	18
Visite 3 [min^{-1}]	$38,2 \pm 7,1$	$42,7 \pm 5,8$	$41,1 \pm 6,9$
Visite 4 [min^{-1}]	$39,4 \pm 9,5$	$42,1 \pm 7,2$	$40,0 \pm 6,9$
<i>p</i> -Wert	0,310	0,752	0,385
<i>objektive Ausbelastung</i>			
<i>n</i>	21	21	20
Visite 3	$0,48 \pm 0,19$	$0,69 \pm 0,23$	$0,52 \pm 0,25$
Visite 4	$0,50 \pm 0,26$	$0,61 \pm 0,23$	$0,55 \pm 0,28$
<i>p</i> -Wert	0,782	0,197	0,285
<i>RPE</i>			
<i>n</i>	20	20	20
Visite 3 [Pkt.]	$16,1 \pm 2,8$	$18,4 \pm 1,5$	$17,6 \pm 2,2$
Visite 4 [Pkt.]	$16,8 \pm 1,9$	$18,3 \pm 1,7$	$17,8 \pm 1,8$
<i>p</i> -Wert	0,083	0,763	0,617

Tab. 4.16. Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen für die Ausdauergruppen bezüglich der im Test maximal erreichten Einzelwerte der Herzfrequenz (HR), der Laktatkonzentration (La) und des Anstrengungsempfindens (RPE) sowie aus den letzten 30 Testsekunden gemittelte Werte des Respiratorischen Quotienten (RQ), des Atemäquivalents für Sauerstoff ($\dot{V}A_{O_2}$), der Atemfrequenz (AR) und Angabe des errechneten Wertes für den Grad der objektiven Ausbelastung als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung für die Zeitpunkte Visite 4 und 5

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer
<i>HR</i>		
<i>n</i>	19	18
Visite 4 [min^{-1}]	$166,3 \pm 19,7$	$180,9 \pm 11,8$
Visite 5 [min^{-1}]	$164,3 \pm 21,4$	$181,3 \pm 12,4$
<i>p</i> -Wert	0,326	0,747
<i>La</i>		
<i>n</i>	19	18
Visite 4 [mmol/l]	$6,9 \pm 3,3$	$9,8 \pm 2,2$
Visite 5 [mmol/l]	$7,4 \pm 3,7$	$9,7 \pm 2,1$
<i>p</i> -Wert	0,463	0,759
<i>RQ</i>		
<i>n</i>	18	18
Visite 4	$1,165 \pm 0,187$	$1,156 \pm 0,143$
Visite 5	$1,109 \pm 0,196$	$1,188 \pm 0,137$
<i>p</i> -Wert	0,195	0,493
<i>$\dot{V}A_{O_2}$</i>		
<i>n</i>	18	18
Visite 4	$36,5 \pm 7,0$	$36,4 \pm 5,5$
Visite 5	$38,1 \pm 8,5$	$37,0 \pm 6,2$
<i>p</i> -Wert	0,267	0,676
<i>AR</i>		
<i>n</i>	19	18
Visite 4 [min^{-1}]	$38,5 \pm 7,4$	$41,7 \pm 6,0$
Visite 5 [min^{-1}]	$38,8 \pm 7,8$	$41,4 \pm 5,5$
<i>p</i> -Wert	0,724	0,831
<i>objektive Ausbelastung</i>		
<i>n</i>	19	18
Visite 4	$0,47 \pm 0,25$	$0,64 \pm 0,16$
Visite 5	$0,45 \pm 0,27$	$0,71 \pm 0,17$
<i>p</i> -Wert	0,644	0,119
<i>RPE</i>		
<i>n</i>	18	20
Visite 4 [Pkt.]	$16,6 \pm 1,9$	$18,2 \pm 1,8$
Visite 5 [Pkt.]	$17,0 \pm 2,1$	$18,6 \pm 1,8$
<i>p</i> -Wert	0,101	0,200

Statistischer Vergleich der Interventionsgruppen Nach dem statistischen Vergleich der Messzeitpunkte folgt zunächst der Vergleich der Ausdauergruppen: Signifikante Unterschiede zeigten sich bei der Atemfrequenz der letzten 30 Testsekunden bei V 1 und V 3 (V 1: $p = 0,026$; V 3: $p = 0,043$) sowie der maximalen Herzfrequenz (V 1: $p = 0,005$; V 3: $p = 0,018$; V 4: $p = 0,021$) und Laktatkonzentration (V 1: $p < 0,001$; V 3: $p = 0,005$; V 4: $p = 0,012$) als auch beim RQ der letzten 30 Testsekunden der V 3 ($p = 0,033$) und dem maximal genannten RPE -Wert (V 1: $p = 0,013$; V 3: $p = 0,001$; V 4: $p = 0,008$). Die Ausbelastung – anhand der objektiven Kriterien beurteilt – unterschied sich signifikant bei V 1 und V 3 (V 1: $p < 0,001$; V 3: $p = 0,002$). Alle anderen Variablen unterschieden sich nicht signifikant. Alle p -Werte sind der Tabelle 4.17 zu entnehmen. Zwischen den beiden Patientengruppen bestehen signifikante Unterschiede nur bei der maximalen Laktatkonzentration der V 1 ($p = 0,001$).

Tab. 4.17. Tabellarische Auflistung der p -Werte der Gruppenvergleiche der Parameter der Belastungsuntersuchungen für den Zeitraum Visite 1 bis 5

	Ausdauergruppen				Patientengruppen		
	V1	V3	V4	V5	V1	V3	V4
Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen							
PWC_{130}	0,449	0,267	0,215	0,756	0,745	0,422	0,325
PWC_{150}	0,392	0,325	0,155	0,855	0,626	0,424	0,473
PWC_{170}	0,320	0,301	0,357	0,676	0,456	0,055	0,382
P_{La_2}	0,342	0,061	0,153	0,051	0,493	0,570	0,987
P_{La_3}	0,188	0,023	0,001	0,034	0,167	0,652	0,577
P_{La_4}	0,193	0,020	0,054	0,088	0,117	0,806	0,860
$\dot{V}O_2$	0,072	0,237	0,058	0,273	0,257	0,942	0,594
P	0,027	0,018	0,009	0,078	0,738	0,848	0,360
Einzelne Höchstwerte und Mittelwerte aus den letzten 30 Testsekunden							
HR	0,005	0,018	0,021	0,006	0,186	0,411	0,411
La	<0,001	0,005	0,012	0,024	0,001	0,496	0,154
RQ	0,069	0,033	0,574	0,720	0,367	0,863	0,577
$\Delta\dot{A}O_2$	0,333	0,480	0,715	0,232	0,510	0,404	0,554
AR	0,026	0,043	0,254	0,107	0,288	0,683	0,398
obj. Ausbelastung	<0,001	0,002	0,070	0,002	0,080	0,502	0,469
RPE	0,013	0,001	0,008	0,030	0,378	0,056	0,058

Korrelationen: Geschlecht, Alter, Körpermasse Die berechneten Korrelationen zwischen den Variablen der Belastungsuntersuchung und allgemeinen Variablen wie Geschlecht, Alter und Körpermasse sind in der Tabelle A.9 im Anhang gelistet. Alle oben als Ergebnisse der Ausdauerleistungsfähigkeit beschriebenen Variablen korrelieren in geringer bis mittlerer Stärke mit dem Geschlecht. Vergleicht man die Mittelwerte der weiblichen und männlichen Subgruppen, zeigen sich zudem statistisch signifikante Unterschiede, die in der Tabelle A.9 im Anhang mit (*), (**) oder (***) gekennzeichnet sind. Da das Geschlecht einen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse hat, finden sich im

Anhang noch einmal die oben gezeigten Ergebnistabellen getrennt für die Untergruppen Frauen und Männer (s. Tabellen A.13 bis A.18). Die Analyse für alle Interventionsteilnehmer ergab statistisch signifikante Korrelationen von geringer bis mittlerer Stärke zwischen dem Alter und den Variablen maximal erreichte Leistung für die Zeitpunkte V 1 bis V 4 ($r = -0,386^{**}$ bis $-0,444^{**}$) bzw. Sauerstoffaufnahme ($r = -0,412^{**}$ bis $-0,544^{**}$). Mit zunehmendem Alter nahmen sowohl die maximal erbrachte Leistung als auch die maximale gemessene Sauerstoffaufnahme ab. Ein ähnlicher Zusammenhang fand sich bezüglich der maximal im Test erreichten Herzfrequenz ($r = -0,378^{**}$ bis $-0,486^{**}$). Dies kann methodisch weitgehend vernachlässigt werden, da als maximale Herzfrequenz für die Verwendung als Ausbelastungskriterium stets die individuelle maximale Herzfrequenz unter Einbezug des Alters gewählt wurde (s. Abschnitt 3.3.3). Beim in der Testendphase erreichten Atemäquivalent für Sauerstoff findet sich eine positive Korrelation, die zu den Zeitpunkten V 1 und V 3 statistisch signifikant ist ($r = 0,253^*$ bis $0,372^{**}$). Zusätzlich werden daher für die Parameter der Ausdauerleistungsfähigkeit im Anhang die Ergebnisse von statistischen Analysen gezeigt, bei denen das Alter als Kovariate einbezogen wurde (s. Tabellen A.10, A.11 und A.12). Die Körpermasse der Probanden steht statistisch signifikant mit dem *PWC150* und *PWC170* der V 3 und V 4 und teilweise der V 5 sowie mit der maximal erbrachten Leistung und Sauerstoffaufnahme zu V 1 und V 3 in einem positiven Zusammenhang von geringer Stärke. Im Anhang finden sich daher auch auf die jeweilige Körpermasse bezogene relative Werte in Watt pro Kilogramm Körpermasse (W kg^{-1}), bzw. Milliliter pro Minute und Kilogramm Körpermasse ($\text{l min}^{-1} \text{kg}^{-1}$). Dies kann auch der besseren Vergleichbarkeit dienen (s. Tabellen A.19, A.20 und A.21).

Korrelationen: Ausbelastung Der eingeführte (berechnete) Parameter der objektiven Ausbelastung korreliert positiv und statistisch signifikant in geringem bis hohem Maß mit allen Maximalwerten, die als Ausbelastungskriterien zur Berechnung herangezogen wurden (s. Tabelle A.22). Mit den Maximalwerten für das Anstrengungsempfinden finden sich allerdings nur sehr geringe bis mittlere positive Korrelationen, die zu V 1 auch keine statistische Signifikanz erreichen. Abgesehen von einer geringen Korrelation mit der maximal erbrachten Leistung zu V 3 finden sich keine weiteren statistisch signifikanten Korrelationen des Ausbelastungsgrades mit allen anderen oben berichteten Variablen. Das maximale Anstrengungsempfinden (*RPE*) korreliert zu allen Zeitpunkten statistisch signifikant mit der maximalen Leistung, wobei eine als stärker eingestufte Anstrengung in Zusammenhang mit einer höheren erbrachten Leistung steht ($r = 0,252^*$ bis $0,448^{**}$). Allerdings handelt es sich hier nur um geringe Korrelationen. Weitere Korrelationen des maximalen Anstrengungsempfindens finden sich in Tabelle A.22 für alle untersuchten Variablen.

Korrelationen: Bewegungsaktivität Die Bestimmungen von Korrelationskoeffizienten zwischen den Variablen der Belastungsuntersuchung und der Bewegungsanamnese ergaben keine statistisch signifikanten Korrelationen zwischen der Veränderung der Bewegungsaktivitäten außerhalb der Studie mit den Veränderungen beim *PWC*, P_{La} und P_{max} ($\tau \leq 0,078$; $\rho \leq 0,114$). Es traten aber statistisch signifikante, sehr geringe bis geringe Korrelationen bezüglich des Zusammenhangs von Bewegungsaktivitäten und körperlicher Leistungsfähigkeit in den Voruntersuchungen auf ($\tau = 0,168^*$ bis $0,234^{**}$;

$\rho = 0,247^*$ bis $0,366^{**}$). Keine statistisch signifikante Korrelation resultierte aus der Untersuchung des Beziehung von Veränderung der körperlichen Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit der prozentualen Anwesenheit beim Training, die zwischen 75 % und 100 % unterschiedliche Werte annehmen konnte ($\tau \leq 0,102$; $\rho \leq 0,150$).

Individuelle Veränderungen Nach der Betrachtung der Ergebnisse bezogen auf die Probandengruppen und der Reduktion der individuellen Einzelwerte auf Mittelwerte zeigen die folgenden Übersichten in den Abbildungen 4.16 bis 4.18 wie sich die einzelnen Probanden in den verschiedenen Bereichen verändert haben. Aus den tabellarischen Übersichten in Anlehnung an Scharhag-Rosenberger, Walitzek, Kindermann und Meyer (2012, S. 115) lassen sich eine Vielzahl von unterschiedlichen Reaktionsmustern erkennen.

4 Ergebnisse

Schizophrenie Ausdauer: Veränderung von Visite 1 zu Visite 3																							
Probanden-Nr.	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Zunahmen (n)
PWC 130	13	20	27	108	0	30	13	14	21		76	-40	-39	12	10	-25	32	26	24		4	-10	15
PWC 150	-2	18	9	41	0	23	24	8	25		65	-11	-26	22	6	-5	6	19	19	174	-1	-5	14
PLa ₂	-10	-12	0	1	10	31	12	19	21		-20	-29		47	0	-51	14	-31	125	93	18	103	12
PLa ₃	-10	-4	3	-5	17	14		8	20		-10	-27	-9	-2	0	-29	21	-16	16	19	-2	6	9
P	7	9	14	14	10	11	-33	21	13	69	10	8	-4	5	10	25	18	2	10	-7	-1	9	18
$\dot{V}O_2$	4	-5	-1	11	-9	-4	-29	17	19	32	-14	48	2	4	9	23	23	-15	3	7	-6	-9	13
obj. Ausbelastung	↑	↑	↑	↓	⇒	↑	↓	⇒	⇒	↑	↓	⇒	⇒	↓	↑	↓	⇒	↑	↑	⇒	⇒	⇒	8

Schizophrenie Ausdauer: Veränderung von Visite 3 zu Visite 4																							
Probanden-Nr.	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Zunahmen (n)
PWC 130	5		-5	-27	0	0	7	-29	15	-39	-23	55	17	2	-19	-16	-12	-13	-19	48	-42	-9	7
PWC 150	20		9	-16	2	4	2	-17	8	-25	-28	8	6	14	-13	-10	-3	-12	13	-9	-25	-4	10
PLa ₂	20		-16	0	-15	-17	44	-30	8	-20	-29	39		-29	-22	31		-8	-19	-17	0	-23	5
PLa ₃	24		-9	4	-19	-10		-17			-45	26	-3	-16	-22	8	-51	-7	-5	-22	-5		4
P	0		-46	-17	9	9	-17	-35	4	-46	-23	4	12	-13	-3	-14	-4	-9	8	0,1	0,1	-16	8
$\dot{V}O_2$	5		6	-25	24	-27	-16		-6	-22	17	-7	-10	-19	-4	-7	6	6	11	8	-6	-37	8
obj. Ausbelastung	⇒		↑	⇒	⇒	⇒	↓	↓	⇒	↓	↑	↓	↑	↑	⇒	↑	↓	↓	↑	⇒	⇒	↑	7

Schizophrenie Ausdauer: Veränderung von Visite 4 zu Visite 5																							
Probanden-Nr.	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Zunahmen (n)
PWC 130	-3				-18	-7	4	8	19	26	-28	11	-7	-4	-6	12	-1	0	42	-30	49	42	9
PWC 150	-7				-11	-8	17	20	9	17	-1	21	-4	-5	-6	14	-1	-1	-12	-12	22	25	8
PLa ₂	-37				-3	-5	-34	13	-9	-61			0	12	12	-13		68	-31	-16	2		5
PLa ₃	-27				-1	-1		6			24	-30	-15	3	6	-13	88	32	-23	-17	0		6
P	6				0,2	-16	-10	73	4	43	13	4	-13	-15	9	-16	-2	-8	-10	-0,3	7	0,5	10
$\dot{V}O_2$	-4				-18	55	-11		15	17	-11	-5	31	-2	15	-5	-13	8	1	7	2	68	10
obj. Ausbelastung	↑				⇒	⇒	⇒	↑	↓	⇒	⇒	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓	⇒	↓	↑	⇒	6

Schizophrenie Ausdauer: Veränderung von Visite 1 zu Visite 5																							
Probanden-Nr.	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Zunahmen (n)
PWC 130	16				-18	21	27	-12	65		-2	4	-33	10	-16	-29	16	10	42		-10	17	10
PWC 150	10				-9	18	47	8	48		17	16	-25	33	-13	-2	3	4	18	119	-9	14	13
PLa ₂	-32				-9	3	6	-6	19				-23	17	-13	-44	-17	7	27	36	21		8
PLa ₃	-19				-6	1		-5	24		-39	-36	-26	-15	-18	-33	11	2	-15	-23	-7	-30	4
P	13				20	1	-50	35	21	31	-4	16	-6	-22	15	-10	11	-15	7	-8	6	-8	11
$\dot{V}O_2$	5				-8	9	-47	20	28	21	-11	31	20	-17	20	9	14	-3	15	23	-10	-4	12
obj. Ausbelastung	↑				⇒	↑	↓	⇒	↓	⇒	↑	↓	⇒	↓	↑	↓	⇒	⇒	↑	↓	↑	↑	7

Abb. 4.16. Übersicht über die prozentualen Veränderungen exemplarischer Variablen in der individuellen Auswertung der einzelnen Patienten der Ausdauer-Patientengruppe für alle Zeitpunkte (Orange hinterlegte Zellen stellen Abnahmen dar, grün hinterlegte Zellen Zunahmen und grau hinterlegte Zellen keine Veränderung. Fehlende Werte sind als weiße Zellen erkennbar. Die Pfeile kennzeichnen ebenfalls Abnahme, Zunahme und keine Veränderung. Alle Fälle wurden einbezogen, unabhängig vom Erreichen einer objektiven Ausbelastung.)

Gesunde Ausdauer: Veränderung von Visite 1 zu Visite 3																								
Probanden-Nr.	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	Zunahmen (n)	
PWC 130	26	15	61	-9	-16	29	48	14	11	-14	-29	-12	20	15	55	21	52	14	20	-3	-8	4	15	
PWC 150	8	8	55	10	-5	18	18	5	10	25	-15	-6	16	28	28	5	33	9	18	2	-1	7	18	
PLa ₂	7	14	112	21	-40	20	62	-5	78	0	29	21	22	-21	57	50	-21	22	65	-14	-11	51	15	
PLa ₃	11	13		13	-30	4	16	-6	20	9	19	25	12	17	36	12	28	14	51	-7	-4	7	17	
P	14	21	16	7	-14	38	17	1	10	3	1	-5	10	-4	2	3	1	7	7	-0,6	5	13	18	
ṀO ₂	7	3	7	-11	-26	7	48	2	-2	7	-6	-13	2	-6	9	-2	-1	-7	-4	-1	11	17	11	
obj. Ausbelastung	⇒	↑	⇒	↓	↓	↑	↑	↑	⇒	⇒	↓	↓	⇒	⇒	⇒	⇒	⇒	↑	⇒	↓	⇒	↑	6	

Gesunde Ausdauer: Veränderung von Visite 3 zu Visite 4																								
Probanden-Nr.	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	Zunahmen (n)	
PWC 130	8	2	5	-14	-2	-32	-13		-19	7	7	14	-13	22	-2	-12	-6	-2	-8	-13	-10	8	8	
PWC 150	8	-3	-6	-25	2	-27	-16		-19	-8	1	7	-6	11	-4	-6	2	-7	-6	-4	-5	7	7	
PLa ₂	-36	-7	-31		-4		-38		-46	3	-9	-15	-17	91	-9	-39	117	-28	10	-2	-53	-13	4	
PLa ₃	6	-5	-24	-43	-4	-18	-20		-20	-2	-10	-9	-11	10	-12	-6	22	-21	3	-5	-23	3	5	
P	5	-11	-14	-13	18	-16	-5		-10	-1	-2	4	1	5	-4	-19	1	-12	-0,3	1,1	-4	-3	7	
ṀO ₂	0	21	-35	7	37	1	4		-14	-3	4	27	1	10	22	-11	9	-7	6	6	-4	9	14	
obj. Ausbelastung	↑	↓	⇒	↑	↑	↓	↓		⇒	⇒	↑	↓	⇒	⇒	↓	↓	↓	⇒	⇒	↑	↓	↓	5	

Gesunde Ausdauer: Veränderung von Visite 4 zu Visite 5																								
Probanden-Nr.	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	Zunahmen (n)	
PWC 130	5	-6	-21	0		21	14			-20	9		7	-3	-4	4	8	3	-11	42	12	-13	10	
PWC 150	10	0	-15	7		20	14			-11	6		-1	-3	-1	0	-4	-6	-8	19	1	-11	7	
PLa ₂	53	-7	-9				52			-6	-21		-3	-4	-15	40	15	-14	-20	11	94	-19	6	
PLa ₃	0	-11	-3	-7		21	36			-6	-18		-3	-1	-16	-8	-4	-8	-19	7	21	-12	4	
P	0,4	0	1	-6		9	-7			-10	-3		2	12	-41	14	13	-3	-8,9	-0,5	-4	-2	7	
ṀO ₂	6	-10	45	7		23	3			6	-2		-10	-12	-13	8	-13	-13	-3	-14	5	-11	8	
obj. Ausbelastung	⇒	↑	⇒	↓		⇒	⇒			⇒	⇒		⇒	↑	↑	↑	↑	⇒	↓	⇒	⇒	↑	6	

Gesunde Ausdauer: Veränderung von Visite 1 zu Visite 5																								
Probanden-Nr.	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	Zunahmen (n)	
PWC 130	43	10	33	-21		5	46			-27	-18		12	35	45	10	54	14	-2	19	-7	-2	12	
PWC 150	28	5	25	-12		3	13			3	-10		8	38	21	-2	30	-5	1	17	-5	2	13	
PLa ₂	5	-2	33			19	52			-3	-7		-1	45	20	27	96	-24	46	-6	-19	6	10	
PLa ₃	17	-5		-40		3	26			1	-12		-3	27	0	-3	51	-17	26	-5	-11	-3	7	
P	21	8	-0,3	-12		27	3			-8	-4		13	13	-42	-4	14	-9	-3	0	-4	8	8	
ṀO ₂	14	11	2	2		33	57			10	-4		-7	-9	16	-6	-6	-24	-1	-10	12	13	10	
obj. Ausbelastung	↑	⇒	⇒	↓		↑	⇒			⇒	⇒	↓	⇒	↑	⇒	↑	⇒	↑	↓	⇒	↓	↑	6	

Abb. 4.17. Übersicht über die prozentualen Veränderungen exemplarischer Variablen in der individuellen Auswertung der einzelnen Probanden der gesunden Ausdauergruppe für alle Zeitpunkte (Orange hinterlegte Zellen stellen Abnahmen dar, grün hinterlegte Zellen Zunahmen und grau hinterlegte Zellen keine Veränderung. Fehlende Werte sind als weiße Zellen erkennbar. Die Pfeile kennzeichnen ebenfalls Abnahme, Zunahme und keine Veränderung. Alle Fälle wurden einbezogen, unabhängig vom Erreichen einer objektiven Ausbelastung.)

4 Ergebnisse

Schizophrenie Tischfußball: Veränderung von Visite 1 zu Visite 3																										
Probanden-Nr.	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	Zunahmen (n)				
PWC 130	4	-27	-15	-22	3	3	-16	24	-13		3	45	78	12	8	4	-6	24	10	-27	0	12				
PWC 150	13	-11	-18	-14	6	16	3	19	-9	400	5	24	48	3	7	2	-7	25	10	-18	-7	14				
PLa ₂	30	7	-41	-8	-27	3	6		17	55	-7	40	45	-24	16	40	-19	2	96	26	-34	13				
PLa ₃	15	11	-7	-3	-18	10	5	22	-8	35	-7	27	60	7	13	31	-6	4	21	27	-30	14				
P	4	-2	-1	-3	-2	-11	-5	-1	11	-4	-8	2	12	-12	3	9	7	-2	9	7	3	10				
VO ₂	-17	-15	7	14	6	-16	0,5	-24	5	-20	-11	7	27	-13	3	7	7	-9	13	-14	-6	11				
obj. Ausbelastung	↑	→	↓	↓	→	↑	→	↓	↓	↑	→	↓	→	↓	→	→	↑	↑	↓	↓	→	5				

Schizophrenie Tischfußball: Veränderung von Visite 3 zu Visite 4																										
Probanden-Nr.	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	Zunahmen (n)				
PWC 130	-1	-18	-9	-3	4	-18	20	-16	-70	-4		-16	-13	-16	-3	21	4	-16	-10	-8	-4	4				
PWC 150	-7	2	4	-1	4	-17	5	-12	8	-5		-14	-14	-11	-9	10	9	-16	-8	-2	1	8				
PLa ₂	-7	-48	34	0	20	-26	4	-36	-8	3		-28	-9	40	-2	-8	-18	-6	-6	10	24	7				
PLa ₃	-6	-1	-11	-7	21	-25	3	-19	-6	7		-16	-7	-11	-4	-7	-15	-7	-2	5	37	5				
P	0,4	-1	-0,2	-1	1	-12	1	0	-2	4		-14	9	4	-12	4	-4	-1	4	-0,9	3	9				
VO ₂	53	1	3	-25	-9	10	-8	6	3	4		-25	-3	3	-2	-7	-4	-18	-2	-15	-14	8				
obj. Ausbelastung	↓	↑	↑	↑	→	↓	→	→	↑	↓		↑	↓	↑	↓	↑	→	↑	↑	→	→	9				

Schizophrenie Tischfußball: Veränderung von Visite 1 zu Visite 4																										
Probanden-Nr.	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	Zunahmen (n)				
PWC 130	2	-40	-23	-24	7	-15	0	4	-73			23	54	-6	5	26	-2	4	-1	-32	-4	8				
PWC 150	5	-9	-15	-15	10	-4	8	5	-2	255		6	27	-8	-3	12	1	5	1	-20	-6	11				
PLa ₂	21	-45	-21	-8	-13	-24	10		8	60		0	32	6	14	29	-34	-4	85	39	-19	10				
PLa ₃	9	11	-17	-10	-1	-18	8	-1	-13	44		6	49	-5	8	22	-20	-3	19	34	-4	10				
P	5	-3	-1	-4	-1	-22	-5	-1	9	-0,2		-11	22	-9	-9	13	3	-3	13	6	5	8				
VO ₂	26	-14	11	-14	-3	-8	-8	-19	8	-17		-19	23	-10	1	0	3	-25	11	-27	-19	7				
obj. Ausbelastung	→	↑	→	→	→	→	→	↓	→	↓		→	↓	→	↓	↑	↑	↑	→	↓	→	4				

Abb. 4.18. Übersicht über die prozentualen Veränderungen exemplarischer Variablen in der individuellen Auswertung der einzelnen Patienten der Tischfußball-Patientengruppe für alle Zeitpunkte (Orange hinterlegte Zellen stellen Abnahmen dar, grün hinterlegte Zellen Zunahmen und grau hinterlegte Zellen keine Veränderung. Fehlende Werte sind als weiße Zellen erkennbar. Die Pfeile kennzeichnen ebenfalls Abnahme, Zunahme und keine Veränderung. Alle Fälle wurden einbezogen, unabhängig vom Erreichen einer objektiven Ausbelastung.)

Analyse der Zeitabstände Am Ende soll als Grundlage für die spätere Diskussion die Analyse der Zeitabstände der Belastungsuntersuchungen in Relation zum Interventionszeitraum in Tabelle 4.18 stehen, die im Mittel vor Trainingsbeginn 16 Tage und nach Trainingsende 7 Tage betrug. Die aus Tabelle 4.18 deutlich werdenden Unterschiede im zeitlichen Ablauf für die drei Gruppen erreichen im statistischen Test mit einer Ausnahme keine Signifikanz ($p \geq 0,164$). Signifikant ist der Unterschied der Patientengruppen beim Abstand zwischen Trainingsende und Nachuntersuchung ($p = 0,003$). In der Tischfußballgruppe gab es zwei sehr lange Abstände (> 50 Tage), die auf Er-

krankungen zum Ende der Interventionsphase zurückzuführen waren, die eine frühere Belastungsuntersuchung unmöglich machten (Kontraindikationen).

Tab. 4.18. Zusammenstellung der wichtigsten Zeitabstände in Tagen für die Belastungsuntersuchungen und Bewegungsanamnesegespräche als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung für den Zeitraum Visite 1 bis 5 (Schizophrenie Ausdauer V 1 bis V 3: $n = 22$; V 4: $n = 21$; V 5: $n = 19$; Gesunde Ausdauer V 1 bis V 3: $n = 22$; V 4: $n = 21$; V 5: $n = 18$; Schizophrenie Tischfußball V 1 bis V 3: $n = 21$; V 4: $n = 20$)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
Abstand V 1 - Interventionsbeginn [Tage]	16 $\pm$ 21	17 $\pm$ 14	15 $\pm$ 14
Abstand Interventionsende - V 3 [Tage]	4 $\pm$ 3	5 $\pm$ 4	12 $\pm$ 15
Abstand V 1 - V 3 [Tage]	102 $\pm$ 21	104 $\pm$ 18	106 $\pm$ 21
Abstand V 3 - V 4 [Tage]	102 $\pm$ 17	106 $\pm$ 27	108 $\pm$ 21
Abstand V 4 - V 5 [Tage]	183 $\pm$ 31	175 $\pm$ 34	
Abstand V 1 - V 5 [Tage]	389 $\pm$ 37	386 $\pm$ 23	

4.3.3 Arztgespräch: Funktionsniveau und Krankheitsschwere

Die Präsentation ausgewählter Ergebnisse der Arztgespräche findet sich in Tabelle 4.19 für die Visiten 1, 2 und 3. Anders als bei den Belastungsuntersuchungen wurden die Arztgespräche auch nach der Hälfte der Intervention durchgeführt (V 2), dafür aber nicht bei V 4 und V 5. Werte für die Signifikanz der Veränderung von Visite 1 zu 3 finden sich später im Text.

Tab. 4.19. Der Global Assessment of Functioning-Score (GAF) als ausgewähltes Ergebnis der Arztgespräche für die beiden Patientengruppen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im 3-stufigen Vergleich von Visite 1, 2 und 3 (Schizophrenie Ausdauer: $n = 22$; Schizophrenie Tischfußball: $n = 21$)

	Schizophrenie Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball	Gruppenvergleich p -Wert
<i>Global Assessment of Functioning</i>			
Visite 1	56,8 $\pm$ 13,5	62,6 $\pm$ 11,3	0,134
Visite 2	60,8 $\pm$ 9,9	64,1 $\pm$ 8,8	0,247
Visite 3	66,3 $\pm$ 12,6	63,0 $\pm$ 9,9	0,351
p -Wert	0,003	0,597	

Statistische Analyse der einzelnen Zeitabschnitte Der Global Assessment of Functioning-Score (GAF) nimmt bei der Ausdauer-Patientengruppe von Visite zu Visite kontinuierlich

zu. In der Tischfußballgruppe konnte beim GAF keine statistisch signifikante Veränderung beobachtet werden. Vergleicht man die einzelnen Zeitpunkte gesondert, ergeben sich folgende Ergebnisse:

- Schizophrenie Ausdauer GAF V 1 und V 3: $p = 0,001$,
- Schizophrenie Tischfußball GAF V 1 und V 3: $p = 0,863$,
- Schizophrenie Ausdauer GAF V 1 und V 2: $p = 0,169$,
- Schizophrenie Tischfußball GAF V 1 und V 2: $p = 0,195$,
- Schizophrenie Ausdauer GAF V 2 und V 3: $p = 0,045$,
- Schizophrenie Tischfußball GAF V 2 und V 3: $p = 0,530$.

Korrelation zur Ausdauerleistungsfähigkeit Die Veränderung der Variablen der maximal erreichten Leistung steht mit den Veränderungen im GAF-Score in einem geringen, aber statistisch signifikanten positiven Zusammenhang ($r = 0,313^*$).

Statistischer Vergleich der Patientengruppen Die Ergebnisse der beiden Patientengruppen unterscheiden sich nicht statistisch signifikant beim GAF-Score, wohl aber bei der Clinical Global Impression (CGI, $p \leq 0,017$). Die Tischfußballgruppe weist im Durchschnitt geringere Werte bei der CGI-Einschätzung auf, was gleichbedeutend mit einer geringeren Krankheitsschwere ist:

- Schizophrenie Ausdauer CGI V 1: $4,7 \pm 0,8$,
- Schizophrenie Tischfußball CGI V 1: $3,8 \pm 0,8$; $p = 0,002$.

4.3.4 Allgemeine Untersuchung: Körpermasse und Rauchgewohnheiten

Die Tabellen 4.20 und 4.21 zeigen die Ergebnisse für Körpermasse und Rauchgewohnheiten für alle Gruppen zu den Zeitpunkten V 1, V 2 und V 3 bzw. zu dem Vergleich von V 3 und V 4. Tabelle 4.22 zeigt den Vergleich von V 4 zu V 5 für die Ausdauergruppen.

Tab. 4.20. Ausgewählte Ergebnisse der allgemeinen Untersuchung für die Interventionsgruppen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im 3-stufigen Vergleich von Visite 1, 2 und 3 (Schizophrenie Ausdauer: $n = 22$; Gesunde Ausdauer: $n = 22$; Schizophrenie Tischfußball: $n = 21$)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>Körpermasse [kg]</i>			
Visite 1	95,5 $\pm$ 21,5	80,8 $\pm$ 13,6	85,9 $\pm$ 16,1
Visite 2	90,3 $\pm$ 26,9	80,2 $\pm$ 13,4	80,6 $\pm$ 21,4
Visite 3	94,7 $\pm$ 20,2	80,6 $\pm$ 13,2	85,7 $\pm$ 16,4
<i>p-Wert</i>	0,351	0,265	0,308
<i>Rauchgewohnheiten [Zigaretten/Tag]</i>			
Visite 1	7,0 $\pm$ 10,1	3,3 $\pm$ 7,4	4,9 $\pm$ 7,8
Visite 2	6,6 $\pm$ 9,5	3,5 $\pm$ 7,5	4,9 $\pm$ 7,8
Visite 3	6,6 $\pm$ 9,5	3,4 $\pm$ 7,5	4,3 $\pm$ 7,7
<i>p-Wert</i>	1,0	0,607	0,368

Tab. 4.21. Ausgewählte Ergebnisse der allgemeinen Untersuchung für die Interventionsgruppen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 3 und 4 (Schizophrenie Ausdauer: $n = 21$; Gesunde Ausdauer: $n = 21$; Schizophrenie Tischfußball: $n = 20$)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>Körpermasse [kg]</i>			
Visite 3	95,2 $\pm$ 19,8	80,6 $\pm$ 13,5	86,3 $\pm$ 16,7
Visite 4	94,6 $\pm$ 20,0	80,5 $\pm$ 13,5	87,4 $\pm$ 18,3
<i>p-Wert</i>	0,632	0,943	0,097
<i>Rauchgewohnheiten [Zigaretten/Tag]</i>			
Visite 3	7,0 $\pm$ 9,6	2,8 $\pm$ 6,8	4,5 $\pm$ 7,8
Visite 4	6,4 $\pm$ 8,7	2,2 $\pm$ 6,5	5,1 $\pm$ 7,9
<i>p-Wert</i>	0,157	0,157	0,157

Tab. 4.22. Ausgewählte Ergebnisse der allgemeinen Untersuchung für die Ausdauergruppen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 4 und 5 (Schizophrenie Ausdauer: $n = 19$; Gesunde Ausdauer: $n = 18$)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer
<i>Körpermasse [kg]</i>		
Visite 4	95,1 $\pm$ 21,1	81,2 $\pm$ 13,6
Visite 5	96,3 $\pm$ 23,2	81,5 $\pm$ 14,0
<i>p-Wert</i>	0,507	0,458
<i>Rauchgewohnheiten [Zigaretten/Tag]</i>		
Visite 4	6,1 $\pm$ 8,4	2,4 $\pm$ 6,8
Visite 5	6,1 $\pm$ 8,6	2,4 $\pm$ 6,5
<i>p-Wert</i>	1,0	1,0

Statistischer Vergleich der Interventionsgruppen Die Rauchgewohnheiten der Ausdauergruppen unterschieden sich V 1, V 2, V 3 und V 5 nicht statistisch signifikant ($p \geq 0,152$), aber bei V 4 ($p = 0,050$), während sich die Körpermasse bei allen Zeitpunkten statistisch signifikant unterscheidet (V 1: $p = 0,013$; V 2: $p = 0,044$; V 3: $p = 0,012$; V 4: $p = 0,011$; V 5: $p = 0,027$). Für die Patientengruppen ergab die statistische Analyse zu keinem Zeitpunkt statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen (Körpermasse: $p \geq 0,132$; Rauchgewohnheiten: $p \geq 0,361$).

4.3.5 Allgemeine Untersuchung: Analyse der Medikation

Die Medikation muss als möglicher Einflussfaktor auf die anderen Variablen untersucht werden: Tabelle 4.23 gibt die als Chlorpromazinäquivalenzdosis umgerechnete Tagesdosis der Neuroleptika für beide Patientengruppen zu den Zeitpunkten V 1, V 2 und V 3 an und Tabelle 4.24 zeigt die Werte für den Vergleich von V 3 und V 4. Bei Visite 5 wurden nur noch die 19 Patienten der Ausdauergruppe in die Auswertung der neuroleptischen Äquivalenzdosis einbezogen. Hier ergaben sich durchschnittliche CPZ-Tagesdosen von $627,7 \pm 809,5$ mg pro Tag. Die Veränderung von V 4 zu V 5 erreicht keine statistische Signifikanz ($p = 0,442$).

Tab. 4.23. Darstellung der Medikation für die Patientengruppen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im 3-stufigen Vergleich von Visite 1, 2 und 3 (Schizophrenie Ausdauer: $n = 22$; Schizophrenie Tischfußball: $n = 21$)

	Schizophrenie Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball	Gruppenvergleich p -Wert
<i>CPZ-Tagesdosis [mg/Tag]</i>			
Visite 1	924,9 $\pm$ 796,0	351,9 $\pm$ 322,5	0,004
Visite 2	899,9 $\pm$ 735,5	340,1 $\pm$ 336,6	0,003
Visite 3	884,1 $\pm$ 780,5	329,0 $\pm$ 334,3	0,005
p -Wert	0,791	0,155	

Tab. 4.24. Darstellung der Medikation für die Patientengruppen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 3 und 4 (Schizophrenie Ausdauer: $n = 21$; Schizophrenie Tischfußball: $n = 20$)

	Schizophrenie Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball	Gruppenvergleich p -Wert
<i>CPZ-Tagesdosis [mg/Tag]</i>			
Visite 3	875,4 $\pm$ 798,7	340,5 $\pm$ 338,8	0,013
Visite 4	721,0 $\pm$ 701,7	320,4 $\pm$ 325,3	0,018
p -Wert	0,317	0,564	

Statistischer Vergleich der Zeitpunkte V 1 und V 3 Die Unterschiede zwischen den Tagesdosen zu den Zeitpunkten V 1 und V 3 wiesen ebenso wie die in den Tabellen dargestellten Ergebnisse keine statistische Signifikanz auf (Schizophrenie Ausdauer: $p = 0,257$; Schizophrenie Tischfußball: $p = 0,059$).

Statistischer Vergleich der Patientengruppen Der Vergleich der beiden Patientengruppen in den Tabellen 4.23) und 4.24 zeigt, dass signifikante Unterschiede bei den CPZ-Tagesdosen zu allen Zeitpunkten bestehen ($p \leq 0,018$).

Analyse der eingenommenen Wirkstoffe Eine Auflistung der Medikamente, die während der Interventionsphase von den Studienteilnehmern eingenommen wurden, wird in Tabelle 4.25 vorgenommen. Es handelt sich um insgesamt 58 verschiedene Wirkstoffe oder Wirkstoffkombinationen, von denen 38 als Nebenwirkungen (NW) Einflüsse auf das Herz-Kreislaufsystem haben und 7 eine erwünschte Wirkung (HW) auf das Herz-Kreislaufsystem erzeugen sollen (u. a. Calciumantagonisten, β -Rezeptorenblocker, ACE-Hemmer, α_2 -Rezeptorantagonisten, Angiotensin-II-Antagonisten).

4 Ergebnisse

Tab. 4.25. Tabellarische Darstellung der Wirkstoffe der verwendeten Medikamente mit Angaben zum Einfluss auf das Herz-Kreislauf-System (HW = Hauptwirkung; NW = Nebenwirkung) und zu den absoluten Häufigkeiten der Einnahme während der Intervention für die Interventionsgruppen (Die Werte in runden Klammern dokumentieren Veränderungen während der 12-wöchigen Interventionsphase; HCl = Hydrochlorid)

	Einfluss Herz-Kreislauf	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
Allopurinol	NW	1		
Amisulprid	NW	6		
Amlodipin	HW		1	1
Aripiprazol	NW	7		5 (6)
Biperiden-HCl	NW	3 (2)		2 (3)
Bisoprololhemifumarat	HW	1		1
Cetirizin-2HCl			2	
Clozapin	NW	2		3
Cyproteronacetat, Ethinylestradiol	NW	1		
D-Campher, Weißdornfruchtextrakt	HW	0 (1)		
Diazepam	NW	0 (1)		1
Doxepin	NW	1		
Duloxetine				1
Enalaprilmaleat	HW			1
Escitalopram	NW	4		0 (1)
Fenofibrat	NW	1		
Fluoxetin	NW	1		
Flupentixol	NW	6		2
Haloperidol	NW	1		
Hydrochlorothiazid	NW	1		
Ibuprofen	NW	1		
Insulin human		1		
Kaliumiodid				1
Lamotrigin				2
Latanoprost	NW			1
Levothyroxin-Natrium	NW	5		2 (3)
Levothyroxin-Natrium, Liothyronin-HCl	NW		1	
Lithiumcarbonat	NW	1		1
Lorazepam	NW	1 (0)		2
Macrogol, Natriumchlorid, Natriumhydrogencarbonat, Kaliumchlorid		1		
Melperon-HCl	NW			1
Metformin-HCl		1		
Mirtazapin	NW	1		
Moxonidin	HW			1
Natriumvalproat		1		1

Tab. 4.25. (Fortsetzung)

	Einfluss Herz-Kreislauf	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
Olanzapin	NW	3		4
Olmesartanmedoxomil	HW		1	
Pantoprazol		2		
Paroxetin	NW	1		
Perphenazin	NW			1
Pipamperon	NW	1		
Pirenzepin-2HCl				1 (0)
Pregabalin		1		
Promethazin-HCl	NW			2
Prothipendyl-HCl 1H ₂ O	NW	1		2
Quetiapin	NW	6 (7)		4
Ramipril	HW	1	1	
r-DNS Insulinaspart		1		
Risperidon	NW	1 (2)		1 (2)
Sertalin	NW	0 (1)		2 (3)
Spironolacton	NW		1	
Sumatriptansuccinat	NW		1	
Torasemid	NW	1		
Travoprost	NW	1 (0)		
Trimethoprim, Sulfenethoazol	NW	0 (1)		
Venlafaxin	NW	1		0 (1)
Ziprasidon	NW	2		2 (0)
Zolpidemtartrat		0 (1)		

Veränderungen der Medikation im Studienverlauf Veränderungen der Medikation nach Beendigung der Visite 3 wurden bei 12 Patienten der Ausdauergruppe vorgenommen, wobei es zu 4 Reduktionen, einer Erhöhung und 2 Präparatsänderungen bei der neuroleptischen Medikation kam. Innerhalb der Tischfußballgruppe vollzogen sich bei 4 Patienten Änderungen der Medikation. Die neuroleptische Medikation wurde in 2 Fällen reduziert und in einem Fall erhöht. Im ca. 6-monatigen Zeitraum zwischen V 4 und V 5 wurden bei 10 Patienten der Ausdauergruppe Änderungen in der Medikation vorgenommen (darunter 2 Erhöhungen der Neuroleptika-Dosis, 4 Dosisreduktionen und 2 Änderungen des neuroleptischen Wirkstoffes).

Korrelation mit Ausdauerleistungsfähigkeit und Bewegungsaktivität Zur Aufdeckung eines möglichen Einflusses der neuroleptischen Medikation mit unterschiedlichen Wirkstoffen und Dosierungen wurden Korrelationskoeffizienten bestimmt. Die Ergebnisse zeigen keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der neuroleptischen Medikation (CPZ-Äquivalente s. Tabellen 4.23 und 4.24) und den Variablen der körperlichen Leistungsfähigkeit (s. Tabellen 4.11 und 4.12). Allerdings konnten signifikante Korrelationen zwischen der Medikation und der Dauer von körperlicher Bewegung in der Freizeit

festgestellt werden. Die CPZ-Dosis korreliert statistisch signifikant in geringem Maße mit negativem Vorzeichen mit der Freizeitaktivität zu V 3 ($\tau = -0,288^{**}$; $\rho = -0,399^{**}$) und während der Interventionsphase ($\tau = -0,268^*$; $\rho = -0,364^*$).

4.3.6 Magnetresonanztomographie: Hippocampusvolumen

Aus der verblindeten, manuellen Bearbeitung der automatisch erstellten Labelmaps (Masken) konnten aus den Magnetresonanztomographien Volumina der Hippocampi erzeugt werden, die in den Tabellen 4.26 und 4.27 präsentiert werden. Bei einer Analyse mit 3-stufigem Faktor Zeit ergaben sich keine signifikanten Veränderungen ($p \geq 0,064$). Bei beiden Patientengruppen treten beim gesonderten Vergleich der Hippocampusvolumina vor (V 1) und nach der Intervention (V 3) Verringerungen auf. Bei der Ausdauer-Patientengruppe erreicht diese Veränderung statistische Signifikanz ($p = 0,040$). Bei der gesunden Ausdauer-Kontrollgruppe kommt es zu einer Volumenzunahme, allerdings ohne statistische Signifikanz ($p \geq 0,539$). Statistisch signifikant ist allerdings der einzelne Vergleich der Veränderung von Visite 1 zu Visite 2 für den linken Hippocampus. Hier wurde für die gesunde Ausdauergruppe im Durchschnitt eine Steigerung des Volumens um 93 mm^3 bestimmt ($p = 0,035$). Mit einer Ausnahme weisen die Veränderungen beider Hippocampi die gleiche Richtung auf. Nur beim Vergleich der linken Hippocampi der Ausdauer-Patientengruppe zeigte sich eine Volumensteigerung zwischen V 1 und V 2, während sich auf der rechten Seite bei der gleichen Gruppe im gleichen Zeitraum eine leichte Verringerung des Volumens ergab (siehe Abbildungen 4.19 und 4.20).

Analyse des Einflusses des Geschlechts Die Variable Geschlecht mit den beiden Ausprägungen männlich und weiblich hat nur bei der Tischfußball-Patientengruppe eine statistisch signifikante Wirkung auf die Volumina. Im Anhang finden sich die Ergebnisse jeweils für Frauen und Männer (s. Tabellen A.23 und A.24).

Tab. 4.26. Ergebnisse der Hippocampusvolumetrie für die Interventionsgruppen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im 3-stufigen Vergleich von Visite 1, 2 und 3: Die Probandenzahlen (s.u.) sind hier erniedrigt, da von einigen Patienten die MRT-Untersuchungen zum Zeitpunkt V2 ausfallen mussten. Für die Beurteilung der Signifikanz sind hier zwei p-Werte angegeben. Der erste bezieht sich auf eine Varianzanalyse mit Messwiederholungen mit Zeit als Innersubjektfaktor, der zweite stammt aus einer Analyse, die auch Geschlecht als Zwischensubjektfaktor und Alter als Kovariate einbezog.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>Volumen linker Hippocampus [mm³]</i>			
<i>n</i>	18	21	19
Visite 1	3605,2 $\pm$ 462,2	3729,6 $\pm$ 309,2	3557,6 $\pm$ 527,8
Visite 2	3637,6 $\pm$ 462,2	3823,0 $\pm$ 359,4	3556,1 $\pm$ 549,3
Visite 3	3599,3 $\pm$ 517,7	3741,5 $\pm$ 310,9	3526,6 $\pm$ 531,3
<i>p</i> -Wert	0,668 0,621	0,064 0,078	0,642 0,673
<i>Volumen rechter Hippocampus [mm³]</i>			
<i>n</i>	18	21	19
Visite 1	3787,7 $\pm$ 432,8	3909,3 $\pm$ 356,5	3827,3 $\pm$ 380,7
Visite 2	3777,7 $\pm$ 408,4	3945,7 $\pm$ 398,8	3795,3 $\pm$ 391,9
Visite 3	3723,8 $\pm$ 443,7	3934,7 $\pm$ 404,3	3794,2 $\pm$ 406,5
<i>p</i> -Wert	0,306 0,306	0,630 0,648	0,460 0,492

Tab. 4.27. Ergebnisse der Hippocampusvolumetrie für die Interventionsgruppen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 1 und 3: Die Probandenzahlen (s.u.) sind hier höher, da hier die V2 mit einer geringeren Probandenzahl keine Berücksichtigung findet (Erklärung zur Angabe von zwei p-Werten s. Tabelle 4.26).

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>Volumen linker Hippocampus [mm³]</i>			
<i>n</i>	21	21	21
Visite 1	3570,4 $\pm$ 435,4	3729,6 $\pm$ 309,2	3522,8 $\pm$ 547,5
Visite 3	3552,6 $\pm$ 493,0	3741,5 $\pm$ 310,9	3500,5 $\pm$ 431,5
<i>p</i> -Wert	0,695 0,707	0,773 0,783	0,593 0,607
<i>Volumen rechter Hippocampus [mm³]</i>			
<i>n</i>	21	21	21
Visite 1	3746,5 $\pm$ 483,5	3909,3 $\pm$ 356,5	3803,1 $\pm$ 421,0
Visite 3	3666,1 $\pm$ 499,1	3934,7 $\pm$ 404,3	3769,8 $\pm$ 438,5
<i>p</i> -Wert	0,040 0,034	0,539 0,546	0,204 0,226

Statistischer Vergleich der Interventionsgruppen Beim Vergleich der Ausdauergruppen wurden nur zu einem Untersuchungszeitpunkt signifikante Unterschiede für die Hippocampusvolumina ermittelt (Volumen rechts bei V 3: $p = 0,045$), wobei die Volumina der gesunden Probanden durchschnittlich höher sind als die der Patienten. Für die Patientengruppen ergab die statistische Analyse keine signifikanten Gruppenunterschiede (V 1, V 2, V 3: $p \geq 0,446$). Das durchschnittliche linke Hippocampusvolumen für den Zeitpunkt V 1 der Patienten beider Gruppen gemeinsam ist 4,9 % kleiner bezogen auf das Volumen der gesunden Kontrollprobanden. Für die rechte Seite sind dies 3,4 %. Die beiden Patientengruppen unterscheiden sich um 1,3 % auf der linken Seite bzw. 1,5 % auf der rechten Seite (bezogen auf das Volumen der Patienten der Ausdauergruppe). Für das linke Volumen liegt hierbei der Mittelwert der Ausdauer-Patientengruppe über dem der Tischfußball-Patientengruppe; beim rechten Volumen ist dies umgekehrt. Der rechte Hippocampus hat bei allen Gruppen zu allen Zeitpunkten ein größeres Volumen als der linke Hippocampus. Vor Beginn der Intervention beträgt das Verhältnis von linkem zum rechtem Hippocampus durchschnittlich 1 zu 1,06.

Abb. 4.19. Balkendiagramm des durchschnittlichen linken Hippocampusvolumens in mm^3 der Visite 1, 2 und 3 für alle Gruppen

Abb. 4.20. Balkendiagramm des durchschnittlichen rechten Hippocampusvolumens in mm^3 der Visite 1, 2 und 3 für alle Gruppen

Individuelle Veränderungen Bei Betrachtung der Ergebnisse der Volumetrie auf individueller Ebene (s. Abbildung 4.21) zeigt sich, dass bei 4 Patienten der Ausdauergruppe eine Volumensteigerung auf beiden Seiten stattfand, während sich bei 7 Probanden das Volumen auf einer Seite vergrößerte und bei 10 Patienten eine beidseitige Abnahme ersichtlich wurde. Doppelt so viele gesunde Probanden zeigten beidseitig ein vergrößertes Hippocampusvolumen nach der Intervention (8), 7 zeigten Volumenzunahmen auf einer Seite und bei 6 Probanden waren beide Hippocampi von einer Volumenabnahme betroffen. Die individuelle Entwicklung der Patienten der Tischfußballgruppe gleicht bezüglich der Anzahlen der Ausdauer-Patientengruppe: Es gab 5 Patienten mit beidseitiger Volumenzunahme, 6 Patienten mit einseitiger Volumenzunahme und ebenfalls 10 Patienten mit einer beidseitiger Volumenreduktion beim Vergleich von V 1 mit V 3. Bei beiden Interventionsarten zeigten fast doppelt so viele Patienten eine Volumensteigerung im linken Hippocampus wie im rechten. Bei den gesunden Kontrollprobanden ist das Verhältnis nahezu ausgeglichen (siehe Abbildung 4.21). Die Volumenveränderungen lagen in der Ausdauer-Patientengruppe für die linke Seite zwischen 0,1 und 10,2 % bzw. 0,2 und 8,7 % für die rechte Seite, bei der gesunden Kontrollgruppe zwischen 0,3 und 11,9 % links bzw. 0,1 und 11,0 % rechts und bei der Tischfußballgruppe zwischen 0,3 und 9,6 % rechts bzw. 0,1 und 8,7 % links.

4 Ergebnisse

Schizophrenie Ausdauer: Veränderung von Visite 1 zu Visite 3																						
Probanden-Nr.	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Zunahmen (n)
Volumen linker Hippocampus	4	-6	6	4	-6	0,5	-10	0,4	-3	-5	-8	-5	-8	5	-4	-0,1	5	-3	5	7	9	10
Volumen rechter Hippocampus	-0,2	-9	5	-1	-6	1	-4	-4	-7	-3	-6	-9	-2	-2	-2	2	-4	-3	-6	8	6	5

Gesunde Ausdauer: Veränderung von Visite 1 zu Visite 3																						
Probanden-Nr.	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	Zunahmen (n)
Volumen linker Hippocampus	-7	-3	-0,4	2	12	4	10	2	-6	1	1	5	4	0,4	-7	-6	1	-2	-1	-1	-0,3	11
Volumen rechter Hippocampus	-4	-9	7	5	11	4	6	-2	0,4	-0,1	4	3	5	-1	-8	-4	0,4	-1	-3	1	0,1	12

Schizophrenie Tischfußball: Veränderung von Visite 1 zu Visite 3																						
Probanden-Nr.	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	Zunahmen (n)
Volumen linker Hippocampus	-2	0,4	-4	8	-6	-6	6	-1	0,3	-2	-9	1	-3	-8	0,4	-3	-4	10	8	3	5	10
Volumen rechter Hippocampus	-1	4	-0,4	-0,3	2	-0,4	-2	-0,1	4	-0,1	-5	0,1	-1	-9	-4	-2	-2	-4	1	3	-0,3	6

Abb. 4.21. Übersicht über die prozentualen Veränderungen der Volumina der rechten und linken Hippocampi in der individuellen Auswertung der einzelnen Probanden für alle Gruppen für die Zeitpunkte Visite 1 und 3 (Orange hinterlegte Zellen stellen Abnahmen dar, grün hinterlegte Zellen Zunahmen und grau hinterlegte Zellen keine Veränderung.)

Korrelationen mit möglichen Einflussfaktoren Zur näheren Bestimmung möglicher Einflüsse auf das Hippocampusvolumen wurden verschiedene allgemeine Variablen, wie Alter, Geschlecht, Zigarettenkonsum und Erkrankungsdauer, Variablen der Medikation (u.a. Neuroleptikadosierung, -typen und -wirkstoffe, sowie Antidepressiva) und Variablen des Trainings (Anwesenheitshäufigkeit), der Bewegungsanamnese (Bewegungsaktivität außerhalb der Studie) und der Belastungsuntersuchungen (Leistung, Sauerstoffaufnahme, PWC und Leistung bei 2 mmol/l Laktatkonzentration) mit dem Hippocampusvolumen korreliert. Tabelle 4.28 zeigt die relevanten Korrelationen, die ein Signifikanzniveau von $p \leq 0,050$ erreichten. Außerdem wurde – als Parameter der Methodik – überprüft, ob der Zeitpunkt der manuellen Bearbeitung der Daten und der Zeitabstand der Erhebung der Daten beim V3-MRT vom Trainingsende signifikant mit dem Hippocampusvolumen korrelieren. Zusätzlich zu den in der Tabelle 4.28 dargestellten Korrelationen soll erwähnt werden, dass das Geschlecht bei der Tischfußball-Patientengruppe in geringem bis mittlerem Maße mit den Hippocampusvolumina beider Seiten zu allen Zeitpunkten korreliert ($Eta = 0,406$ bis $0,595$).

Tab. 4.28. Zusammenstellung der relevanten Korrelationen der Hippocampusvolumina (Schizophrenie Ausdauer: $n = 21$; Gesunde Ausdauer: $n = 21$; Schizophrenie Tischfußball: $n = 21$)

Zeitpunkt	Seite	Variable	Korrelationskoeffizient
Schizophrenie Ausdauer			
V3	links	Anwesenheit bei Intervention	$r = 0,493^*$
V3	rechts	Anwesenheit bei Intervention	$r = 0,442^*$
V2/V1	links	CPZ-Tagesdosis	$r = 0,600^*$
V2/V1	rechts	CPZ-Tagesdosis	$r = 0,480^*$
V2/V1	rechts	Zigarettenkonsum bei V 1	$r = -0,498^*$
V3/V1	links	Leistung bei 2mmol/l (P_{La_2})	$r = 0,468^*$
Schizophrenie Tischfußball			
V1	links	maximal erreichte Leistung (P)	$r = 0,583^{**}$
V1	rechts	maximal erreichte Leistung (P)	$r = 0,533^*$
V1	links	$\dot{V}_{O_2}$	$r = 0,572^{**}$
V1	rechts	$\dot{V}_{O_2}$	$r = 0,512^*$
V1	rechts	Zigarettenkonsum	$r = -0,518^*$
V1	rechts	Alter	$r = -0,493^*$
V2	rechts	Alter	$r = -0,344^*$
V3	links	maximal erreichte Leistung (P)	$r = 0,561^{**}$
V3	rechts	maximal erreichte Leistung (P)	$r = 0,591^{**}$
V3	links	Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$)	$r = 0,561^{**}$
V3	rechts	Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$)	$r = 0,532^*$
V3	rechts	Zigarettenkonsum	$r = -0,491^*$
V3	rechts	Alter	$r = -0,462^*$
V3/V1	links	maximal erreichte Leistung (P)	$r = 0,437^*$
V3/V1	links	Aktivität zum Zeitpunkt V 1	$r = -0,444^*$

Kovarianzanalyse Die in Tabelle 4.28 gezeigten Variablen wurden in die statistischen Analysen als Kovariaten eingebunden oder als Faktoren auf einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse geprüft. Dieser konnte bei der Anwesenheitshäufigkeit in der Interventionsphase für die Ausdauer-Patientengruppe für beide Seiten nachgewiesen werden. Eine höhere Anwesenheit in der Intervention korreliert mit größeren Hippocampusvolumina zu Visite 3. Bei der Tischfußballgruppe konnte ein signifikanter Einfluss der Variablen Leistung und Sauerstoffaufnahme aus den Belastungsuntersuchungen auf die Ergebnisse der Hippocampusvolumina nachgewiesen werden. Eine höhere körperliche Leistungsfähigkeit (beurteilt anhand von Leistung und Sauerstoffaufnahme) steht sowohl bei Visite 1 als auch bei Visite 3 mit größeren Hippocampusvolumina bei beiden Seiten in Zusammenhang. Keine signifikanten Korrelationen liegen für die Variablen *PWC*, Antidepressivaeinnahme, Neuroleptikatyten, Erkrankungsdauer und Zeitpunkt innerhalb der manuellen Bearbeitung vor. Der Zeitabstand der Erhebung der Daten beim V3-MRT vom Trainingsende ergibt zwar signifikante Korrelationen, aber auch mit den Volumina aus der V 1 und V 2, sodass dies nicht aussagekräftig für die V 3-Volumina ist. Als

Ergänzung zur Untersuchung möglicher Einflüsse der Einnahme von konventionellen, typischen oder atypischen Antipsychotika wurde speziell der Einfluss von Olanzapin und Risperidon untersucht. Zu V 1 unterschieden sich in der Ausdauergruppe Patienten mit Olanzapin oder Risperidon als Medikation signifikant von Patienten mit anderen Wirkstoffen bezüglich des linken Hippocampusvolumens, wobei Patienten mit den genannten Wirkstoffen durchschnittlich ein höheres Volumen aufwiesen ($p = 0,049$). Dies ist auch auf der rechten Seite und zu allen untersuchten Zeitpunkten der Fall, erreicht dort aber keine statistische Signifikanz ($p \geq 0,074$). Auch unter Einbezug dieser Kenntnisse über statistische Zusammenhänge ließen sich keine Merkmale identifizieren, die die Bildung einer Subgruppe ermöglicht hätten, deren Patienten stärker oder weniger stark von der Trainingsintervention hinsichtlich einer Steigerung der Hippocampusvolumina profitiert hätten. Der Ausschluss der Patienten mit einer langen Wartezeit zwischen Trainingsende und V 3-MRT von mehr als 14 Tagen führt allerdings zu einer Änderung der Ergebnisse, die in den Tabellen 4.29 und 4.30 dokumentiert wird.

Tab. 4.29. Erneute Darstellung der Ergebnisse der Hippocampusvolumetrie für die Interventionsgruppen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 1, 2 und 3 unter Ausschluss der Probanden, bei denen das V 3-MRT länger als 14 Tage zeitlichen Abstand zum Trainingsende hatte (reduzierte Probandenzahlen s.u.)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>Volumen linker Hippocampus [mm³]</i>			
<i>n</i>	16	18	16
Visite 1	3629,0 $\pm$ 463,9	3754,0 $\pm$ 313,4	3670,8 $\pm$ 391,1
Visite 2	3666,4 $\pm$ 457,1	3819,1 $\pm$ 366,5	3662,5 $\pm$ 392,0
Visite 3	3645,9 $\pm$ 512,4	3738,7 $\pm$ 333,3	3640,6 $\pm$ 425,8
<i>p</i> -Wert	0,755	0,160	0,654
<i>Volumen rechter Hippocampus [mm³]</i>			
<i>n</i>	18	18	16
Visite 1	3807,1 $\pm$ 434,3	3929,8 $\pm$ 370,8	3880,1 $\pm$ 383,9
Visite 2	3778,4 $\pm$ 394,0	3934,1 $\pm$ 422,0	3852,6 $\pm$ 386,3
Visite 3	3759,5 $\pm$ 425,2	3928,6 $\pm$ 434,3	3864,8 $\pm$ 405,0
<i>p</i> -Wert	0,574	0,990	0,633

Tab. 4.30. Erneute Darstellung der Ergebnisse der Hippocampusvolumetrie für die Interventionsgruppen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 1 und 3 unter Ausschluss der Probanden, bei denen das V3-MRT länger als 14 Tage zeitlichen Abstand zum Trainingsende hatte (reduzierte Probandenzahlen s.u.)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>Volumen linker Hippocampus [mm³]</i>			
<i>n</i>	19	18	18
Visite 1	3586,8 $\pm$ 435,6	3754,0 $\pm$ 313,4	3617,6 $\pm$ 449,9
Visite 3	3586,8 $\pm$ 490,0	3738,7 $\pm$ 333,3	3597,5 $\pm$ 448,5
<i>p</i> -Wert	0,999	0,714	0,662
<i>Volumen rechter Hippocampus [mm³]</i>			
<i>n</i>	19	18	18
Visite 1	3758,5 $\pm$ 415,3	3929,8 $\pm$ 370,8	3845,9 $\pm$ 433,7
Visite 3	3690,1 $\pm$ 423,2	3928,6 $\pm$ 434,3	3828,4 $\pm$ 447,3
<i>p</i> -Wert	0,096	0,978	0,473

Analyse der Zeitabstände Tabelle 4.31 zeigt die Abstände der MRT-Untersuchungen der Visite 1 zum Interventionsbeginn, des Interventionsendes zur Visite 3 und zwischen den MRT-Untersuchungen der Visite 1 und 3. Durchschnittlich lagen die Abstände bei 13 Tagen vor bzw. 9 Tagen nach der Intervention. Statistisch signifikante Unterschiede ergaben sich beim Vergleich der Gruppen nur zwischen den Patientengruppen beim Abstand Visite 1- und Visite 3-MRT ($p = 0,039$). Der Vergleich der anderen Abstände aus Tabelle 4.31 führte zu keinen statistisch signifikanten Unterschieden ($p \geq 0,055$) wie auch der Vergleich der beiden Ausdauergruppen ($p \geq 0,178$).

Tab. 4.31. Aufstellung der wichtigsten Zeitabstände in Tagen für die MRT-Untersuchungen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung (Schizophrenie Ausdauer: $n = 21$; Gesunde Ausdauer: $n = 21$; Schizophrenie Tischfußball: $n = 21$)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
Abstand V1 - Beginn [Tage]	11 $\pm$ 7	13 $\pm$ 12	13 $\pm$ 15
Abstand Ende - V3 [Tage]	6 $\pm$ 5	9 $\pm$ 9	12 $\pm$ 11
Abstand V1 - V3 [Tage]	95 $\pm$ 10	100 $\pm$ 12	105 $\pm$ 17

5 Diskussion

Nach der Analyse der Voraussetzungen der Zielgruppe der Schizophreniepatienten, der Darstellung des Wissensstands zu allgemeinen und spezifischen Trainingswirkungen und der Auswertung der Studienergebnisse stehen die Steigerung der Ausdauerleistungsfähigkeit bei den Ausdauergruppen und die Verbesserung des allgemeinen psychosozialen Funktionsniveaus bei den ausdauertrainierten Schizophreniepatienten als Trainingswirkungen zur Diskussion. Das Ausbleiben der erwarteten Zunahmen der hippocampalen Volumina durch Ausdauertraining in der Kombination mit kognitivem Training muss einer kritischen Analyse unterzogen werden.

Gedankliche Bezüge zu anderen möglichen Trainingsanpassungen weisen über die hier präsentierten Ergebnisse hinaus. Schlussfolgerungen für die Erprobung und Einführung zukünftiger sport- oder bewegungstherapeutischer Konzepte zeigen die praktische Relevanz der Studienergebnisse und der bei der Durchführung gewonnenen Erfahrungen.

5.1 Diskussion von Veränderungen der Ausdauerleistungsfähigkeit unter Einbezug von Bewegungsanamnesedaten

Kennwerte der Ausdauerleistungsfähigkeit Die Schizophreniepatienten zeigten in der Belastungsuntersuchung nach der Intervention mit aerobem Ausdauertraining signifikante Verbesserungen bei Kennwerten der Ausdauerleistungsfähigkeit, die auch unter Berücksichtigung von Messungenauigkeiten und biologischer Schwankungen bestehen bleiben. Diese Verbesserungen äußern sich in signifikanten Zunahmen der *PWC130*, *PWC150* und *PWC170* um 16 %, 14 % und 15 % sowie der maximal erbrachten Leistung um 9 %. Gleiches gilt in etwas geringerem Umfang auch für die gesunden Kontrollprobanden, die ein vergleichbares aerobes Ausdauertraining absolvierten, wobei hier aber auch noch signifikante Zunahmen der Leistung bei 2 mmol/l, 3 mmol/l und 4 mmol/l Laktatkonzentration um 17 %, 9 % und 7 % hinzukamen. Dahingegen zeigten die Schizophreniepatienten nach der Tischfußballintervention keinerlei signifikante Veränderungen bei den Kennwerten der Ausdauerleistungsfähigkeit, mit Ausnahme der Leistung bei 4 mmol/l Laktatkonzentration (s. Abschnitt 4.3.2). Das absolvierte 12-wöchige Ausdauertraining mit 3 Einheiten à 30 Minuten pro Woche in einem Intensitätsbereich von durchschnittlich 1,9 mmol/l Laktatkonzentration im arteriellen Blut verursacht – als wirksamer Trainingsreiz – Anpassungen in Form einer Ökonomisierung im Bereich der

Trainingsintensitäten. Bei gleicher Herzfrequenz oder Laktatkonzentration können nun höhere Leistungen erbracht werden. Bei den beiden Ausdauergruppen kann von einem positiven Trainingseffekt für das Herz-Kreislauf-System gesprochen werden, während sich bei der gesunden Kontrollgruppe auch der aerobe Energiestoffwechsel in Richtung einer Leistungssteigerung anpasste. Diese Anpassungen erfolgten auf den Trainingsreiz hin und sind nicht auf Veränderungen der körperlichen Aktivitäten außerhalb der Studie zurückzuführen, da diese nicht signifikant anstiegen und keine signifikanten Korrelationen festgestellt wurden. Die Sauerstoffaufnahme, die im Test maximal erreicht wurde, zeigte keine signifikanten Steigerungen und bei der Tischfußball-Patientengruppe eine Verminderung. Bezogen auf die Ausdauergruppen kann dies als weiterer Hinweis verstanden werden, dass für eine Steigerung der maximal erreichbaren Sauerstoffaufnahme ein anderes Training mit höheren Intensitäten, variierenden Methoden und stärker leistungssportlicher Ausrichtung notwendig ist (Scharhag-Rosenberger & Meyer, 2013). Dies gilt für den Vergleich der Sauerstoffaufnahme im Längsschnitt; für den Vergleich im Querschnitt mit unter anderen Bedingungen erhobenen Werten müssen die Kinetik der Sauerstoffaufnahme, die begrenzte Muskelmasse, die bei der Radergometrie eingesetzt wird, und die Ausbelastung der Testpersonen berücksichtigt werden.

Ausbelastungsproblematik bei Maximaltests Neben bereits genannten Ökonomisierungsvorgängen kam es in den Ausdauergruppen zu einer Erhöhung der maximalen Leistungsfähigkeit, wobei diese auch stark von der Motivation abhängig ist. Bei Maximalwerten muss in besonderem Maße die Ausbelastungsproblematik berücksichtigt werden. Es zeigte sich, dass die gesunden Kontrollprobanden gemäß der objektiven Ausbelastungskriterien in der Lage waren, eine signifikant höhere Ausbelastung zu erzielen als die Patienten. Zahlreiche Untersuchungen der Patienten mussten bezüglich der Maximalwerte aus der Datenanalyse ausgeschlossen werden, da fraglich war, dass eine Ausbelastung erreicht wurde. In einigen dieser Fälle schienen die Probanden – im Widerspruch zu den Messwerten – aber ehrlich erschöpft und bis an ihre individuelle Grenze gegangen zu sein. In manchen Fällen war jedoch auch die Motivation oder mentale Stärke und Wachheit, eine Anstrengung einzugehen, deutlich verringert. Insgesamt hat sich herausgestellt, dass Maximaltests durchaus auch im Bereich der Psychiatrie von geschultem Personal durchgeführt werden können. Es ist aber eine genaue Definition der objektiven Ausbelastung bzw. der Ein- und Ausschlusskriterien für den Einbezug von Maximalwerten vorauszusetzen. Sicherlich ist dies auch abhängig von der Erkrankungsphase, Symptomschwere und individuellen Aspekten, wie z. B. der Angst vor einer Atemmaske. Es bleiben zwei Diskussionsfragen bezüglich des Zusammenspiels von Ausbelastung und Psyche bestehen: 1. Besteht neben der gemessenen objektiven Ausbelastung noch eine zweite – psychische – Ebene der Ausbelastung, sodass Patienten mit einer gleichen gefühlten Anstrengung, aber geringeren objektiv messbaren Ausbelastung einen Maximaltest abbrechen? 2. Befinden sich Patienten mit Symptomen wie z. B. Antriebsarmut in Kombination mit sedierenden Medikamentenwirkungen in einem Zustand, in dem maximale Anstrengungen gar nicht mehr möglich sind? Basierend auf dem angenommenen Zusammenhang, dass Sportler im Vergleich zu Nichtsportlern besser Leistungsreserven mobilisieren können, ist es denkbar, dass Patienten, die nicht sportlich aktiv sind, weniger Leistung bei hohen Anstrengungen abrufen können. Die

Steigerungen der maximal erreichten Leistung in den Ausdauergruppen besteht auch bei kritischem Ausschluss von Daten, bei denen eine Ausbelastung fraglich war.

Veränderungen auf individueller Ebene Vor dem Hintergrund einer sehr heterogenen Erkrankung und genetischen Unterschieden in der Trainierbarkeit muss der Blick auch auf die individuellen Veränderungen gelenkt werden. In Anlehnung an Scharhag-Rosenberger et al. (2012, S. 115) wurde neben Mittelwerten auch die individuelle Darstellung im Ergebnisteil geboten (s. Abbildungen 4.16 bis 4.18). In der Ausdauertrainingsstudie von Scharhag-Rosenberger et al. (2012) mit einem Jahr Interventionsdauer werden vier Variablen der Ausdauerleistungsfähigkeit auf individueller Ebene auf Veränderungen untersucht: die maximal erreichte Sauerstoffaufnahme, die Ruheherzfrequenz, die submaximale Herzfrequenz und die individuelle anaerobe Schwelle. Dabei gab es keinen Probanden, bei dem sich keine dieser Variablen verbesserte. Hingegen zeigte sich bei 44,5 % der Probanden eine Verbesserung in allen vier ausgewählten Variablen, bei 44,5 % blieb eine Variable unverändert und bei 11 % gab es bei zwei Variablen keine Veränderungen. Ein positiver Trainingseffekt war dabei als eine Steigerung größer als die Tag-zu-Tag-Schwankungen definiert (Scharhag-Rosenberger et al., 2012). Auch in dieser Vergleichsstudie lagen trotz großer individueller Unterschiede signifikante Verbesserungen auf Gruppenebene vor. Nicht klar ist, ob die individuell bei manchen Variablen ausbleibenden Steigerungen durch eine Veränderung der Trainingsparameter hätten erreicht werden können. Genetische Ursachen in der unterschiedlichen Trainierbarkeit stehen zur Diskussion. Über 500 Gene spielen laut Timmons et al. (2005) eine Rolle bei der Reaktion auf Ausdauertraining. Die Auswertungen der HERITAGE-Studie haben ergeben, dass die Sauerstoffaufnahme nicht nur durch Training, sondern auch durch genetische Einflüsse bestimmt wird. Als maximale Erblichkeit geben die Autoren ca. 50 % an, weisen aber auch auf einen starken Einfluss von Umweltfaktoren hin (Bouchard et al., 1998). Aus der Darstellung der individuellen Veränderungen der Kernvariablen in der vorliegenden Schizophrenie-Sportstudie ist zu entnehmen, dass manche Probanden in allen Bereichen vom Training profitierten, manche sich aber nur in Teilbereichen verbesserten, während in anderen Bereichen Leistungsrückgänge zu verzeichnen waren. Nur in der gesunden Kontrollgruppe gab es einen Probanden, der in keinem Bereich eine Verbesserung zeigte, was möglicherweise auf einen der Nachuntersuchung direkt vorausgehenden Infekt zurückzuführen ist. Steigerungen in allen Bereichen zeigten sich bei 36 % der gesunden Probanden der Ausdauergruppe und bei 14 % der Patienten. Aber auch 24 % der Tischfußballpatienten zeigten bei allen dargestellten Variablen Verbesserungen. Dies deutet auf zweierlei hin: 1. Die Intervention ist nur einer von mehreren Reizen im Leben der Probanden, über viele andere Bedingungen haben wir keine Kenntnisse. Positive Veränderungen müssen im Einzelfall nicht unbedingt Resultat der Studienintervention sein, auch wenn die statistische Analyse dies nahelegt. 2. Wenn man die beobachteten Veränderungen auf die Intervention zurückführt, dann reagieren die Probanden unterschiedlich auf einen ähnlichen Trainingsreiz. Hier ist zu berücksichtigen, dass trotz umfangreichem anamnestischen Wissen nicht alle Voraussetzungen der Trainierbarkeit bekannt sind. An diesen individuell unterschiedlichen Reaktionen zeigt sich, dass nicht verallgemeinert werden kann, ob ein geplanter Trainingsreiz wirksam oder unwirksam für eine ganze Patientengruppe ist. Im Idealfall sollte eine Individualisierung in Orientierung an das leistungssportliche Trainingsprinzip erfolgen, um eine

optimale Response und einen Therapieeffekt zu erzeugen. Eine Standardisierung im Rahmen einer Studie wäre dann natürlich nicht mehr möglich.

Vergleichbarkeit der Daten Beim Vergleich der aktuell erhobenen Daten mit Normwerten aus der Literatur oder Daten aus anderen Studien müssen methodische Aspekte berücksichtigt werden. Die bereits im Methodikkapitel angeführte Studie von Tanner, Fuller und Ross (2010) spricht sich bezüglich der Messung der Laktatkonzentration ebenso wie Weippert, Kreuzfeld, Arndt und Stoll (2008) aufgrund von deutlichen Unterschieden bei Vergleichsmessungen gegen einen direkten Vergleich von Werten aus, die mit unterschiedlichen Geräten und Analysemethoden erzielt wurden. Auch bezüglich der Parameter der Atmung kann von einer exakten Vergleichbarkeit der Werte, die mit dem Cortex-System METAMAX 3B gemessen wurden, mit Normwerten, die mit anderen Messsystemen erzielt wurden, nicht ausgegangen werden. Dies zeigt der Blick auf unterschiedliche Studien zur Stabilität, Validität, Reliabilität und Genauigkeit beim Einsatz vom METAMAX 3B-System (Prieur, Castells & Denis, 2003; Brehm, Harlaar & Groepenhof, 2004; Perkins, Pivamik & Green, 2004; Vogler, Rice & Gore, 2010; Macfarlane & Wong, 2012). Für den Bereich der Herzfrequenz gilt, dass ein Vergleich der Ergebnisse der Patientengruppen mit Normwerten nicht sinnvoll ist, da die psychiatrische Medikation – wie aus der Tabelle 4.25 im Ergebniskapitel ersichtlich wird – starken, aber nicht genau quantifizierbaren Einfluss auf die Herzfrequenz nehmen kann. Im Längsschnittvergleich spielt dies nur eine Rolle, sofern eine Änderung der Medikation vorgenommen wurde. Diese Werte wurden jeweils aus der Auswertung ausgeschlossen. Auch der Vergleich der maximalen Leistung der Probanden mit Normwerten aus der Literatur ist aufgrund von möglichen Abweichungen des Testprotokolls hinsichtlich Eingangsstufe, Stufendauer und Stufenhöhe ebenfalls nur eingeschränkt möglich. Aus diesem Grund wird auf den Vergleich der Studienergebnisse mit Normwerten verzichtet und der Vergleich zu Ergebnissen anderer Studien nur überblicksartig vorgenommen, ohne detailliert auf einzelne Messwerte einzugehen.

Einordnung in die Studienlage Der Vergleich zu den in Tabelle 2.3 aufgeführten Studien, die ebenfalls eine Untersuchung der körperlichen Leistungsfähigkeit vornahmen, zeigt, dass die unterschiedlichen Trainingsformen in der Mehrzahl zu Veränderungen in den Parametern der Ausdauerleistungsfähigkeit geführt haben, die als Leistungssteigerung interpretiert wurden. Bei Pajonk et al. (2010, S. 137) zeigte sich dies in einer Zunahme der relativen, auf die Körpermasse bezogenen Leistung nach 12 Wochen aerobem Ausdauertraining um 11 % bei den trainierenden Probanden (hier Gesunde und Schizophreniepatienten gemeinsam), allerdings keine signifikante Interaktion der Faktoren Gruppe und Zeit beim statistischen Vergleich zur Kontrollintervention. Die relative maximale Sauerstoffaufnahme nahm in der Ausdauergruppe um 5 % zu, während sie in der Tischfußballgruppe um 3 % sank. Diese Veränderungen ähneln in der Größe den aktuellen Ergebnissen, was bei der großen Ähnlichkeit der Trainingsreize naheliegt. Bei den aktuellen Daten liegen allerdings bei der maximal erreichten Leistung, die nach dem gleichen Verfahren bestimmt wurde, auch signifikante Interaktionen vor. In der Studie von Strassnig et al. (2012) konnte mit einem 6-wöchigen Trainingsprogramm eine Steigerung der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme um 17 % erzielt werden. Dies ist eine große Veränderung in Anbetracht der Intervention über einen Zeitraum von 6

Wochen mit einer Trainingshäufigkeit von 3 Einheiten pro Woche, einer Trainingsdauer von 30 Minuten pro Einheit und einem Intensitätsbereich von 65 % der maximalen Herzfrequenz, berechnet aus 220 abzüglich des Alters in Jahren. Erklären lässt sich das Ergebnis möglicherweise aus den methodischen Limitationen einer sehr geringen Probandenzahl ($n = 6$) und einer Abschätzung der maximalen Sauerstoffaufnahme aus einem submaximalen Testprotokoll, was große Unsicherheit birgt. Bei Scheewe, Takken et al. (2012) führte eine 6-monatige Intervention zu Steigerungen der maximal im Test erreichten Sauerstoffaufnahme und Leistung, was in keinem Widerspruch zu den hier erzielten Studienergebnissen steht. Auch die Ergebnisse der Studie von Heggelund et al. (2011) sind mit den aktuellen Daten vereinbar. Beim Einsatz von einem hochintensiven Intervall-Trainingsprogramm (HIT) über 8 Wochen konnten Veränderungen der maximal im Test erreichten Sauerstoffaufnahme (um 12 %) gefunden werden. Dies untermauert die oben aufgeführte Annahme, dass eher ein Training im hohen Intensitätsbereich zu einer Veränderung der maximalen Sauerstoffaufnahme führt. Bei Bredin et al. (2013) zeigten sich nach Teilnahme an Ausdauertraining und Krafttraining Zunahmen der maximal erreichten Leistung und Sauerstoffaufnahme sowie der Zeit bis zur Erschöpfung im Maximaltest, allerdings wurden aufgrund der geringen Teilnehmerzahlen keine Signifikanztests durchgeführt. Dodd et al. (2011) hingegen konnten keine Veränderungen der körperlichen Leistungsfähigkeit mittels einer submaximalen Fahrradergometrie mit extrapolierten Maximalwerten feststellen. Dies könnte darin begründet sein, dass die Autoren die maximale Sauerstoffaufnahme als Kriterium wählten. Veränderungen bei submaximalen Herzfrequenzen oder Laktatkonzentrationen wurden nicht berichtet (Dodd et al., 2011).

Unterschiede zwischen Patienten und Gesunden Das angewandte Ausdauertraining scheint auf gesunde Probanden anders zu wirken als auf Schizophreniepatienten, obwohl beide Ausdauergruppen eine Leistungsverbesserung zeigten (s. Abbildung 4.7). Es ist daher nicht sicher davon auszugehen, dass sich trainingswissenschaftliche Grundsätze, die bei gesunden Trainierenden erforscht wurden, unmittelbar auf eine Patientengruppe übertragen lassen. Unterschiede zeigten sich besonders deutlich bei der Analyse der Veränderungen im Laktatstoffwechsel, die bei den Patienten geringer als bei den gesunden Kontrollprobanden ausfielen und daher keine statistische Signifikanz erreichten. Während die gesunden Kontrollprobanden den Erwartungen entsprechend nach der Ausdauerintervention bei festgelegten Laktatkonzentrationen statistisch signifikant höhere Leistungen erbringen konnten, zeigten sich bei der Patientengruppe nach der Ausdauerintervention keine signifikanten Zunahmen (s. Abbildung 4.8 und Tabelle 4.11). Bei der maximalen Laktatkonzentration unterschieden sich beide Ausdauergruppen zu allen Zeitpunkten statistisch signifikant. In der Erstuntersuchung z. B. erreichten die Patienten der Ausdauergruppe um 3,7 mmol/l geringere maximal gemessene Laktatkonzentrationen als die Kontrollprobanden trotz gleicher Untersuchungsmethodik. Die Patienten der Tischfußballgruppe erreichten höhere Laktatkonzentrationen als die Patienten der Ausdauergruppe, lagen aber auch deutlich unter den Werten der gesunden Kontrollgruppe (s. Tabelle 4.14). Als Begründung kann ein hypothetischer Zusammenhang zwischen der Pathologie der Schizophrenie und dem Laktatmetabolismus über eine gestörte Mitochondrienfunktion diskutiert werden. Verschiedene Funde führen zu einer Assoziation von Schizophrenie und Mitochondrienfunktion (Clay, Sullivan & Konradi,

2011; C. Park & Park, 2012). Beispielsweise finden sich einerseits bei Schizophrenie Störungen des Energiestoffwechsels, denen eine Dysfunktion der Mitochondrien zugrunde liegen könnte, und andererseits treten bei Erkrankungen der Mitochondrien psychotische Symptome auf (C. Park & Park, 2012). Die Aktivität von Genen des Energiestoffwechsels und der Mitochondrienfunktion ist bei Schizophrenie verändert und es sind vermehrt Mutationen in der mitochondrialen DNA festzustellen (Clay et al., 2011). Auch eines der Suszeptibilitätsgene der Schizophrenie (Disrupted-in-Schizophrenia 1, DISC1) wird über das Mitochondrienmembranprotein Mitofilin mit mitochondrialen Funktionen bzw. Dysfunktionen in Zusammenhang gebracht (Y.-U. Park et al., 2010). Erhöhte Laktatkonzentrationen in der Zerebrospinalflüssigkeit bei Schizophrenie lassen auf einen erhöhten anaeroben Glukosestoffwechsel und Störungen des mitochondrialen Stoffwechsels schließen (Regenold et al., 2009, S. 489). Die bei Schizophreniepatienten geringer ausfallenden Adaptationen im Energiestoffwechsel im Rahmen der Ausdauerintervention könnten Ausdruck einer gestörten Mitochondrienfunktion bei Schizophrenie sein. Nur zwei der in Kapitel 2.2 angeführten Studien setzten eine sportmedizinische Leistungsdiagnostik und eine Kontrollgruppe mit gesunden Probanden gemeinsam ein. Bei Pajonk et al. (2010) wurden die Ergebnisse zur Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit für die beiden Ausdauergruppen, also Gesunde und Patienten, gemeinsam angegeben, sodass ein Vergleich nicht möglich ist. Scheewe, Takken et al. (2012) berichteten für Schizophreniepatienten und Gesunde gleichermaßen Anstiege der maximal erreichten Sauerstoffaufnahme und Leistung. Ergebnisse und Interpretationen zum Vergleich der Trainingsanpassungen von Patienten und Gesunden anhand einer Vielzahl unterschiedlicher Parameter der Ausdauerleistungsfähigkeit, wie in dieser Studie, findet sich in der in Kapitel 2.2 aufgeführten Literatur nicht. Die diskutierten Unterschiede in den Anpassungen des Laktatstoffwechsels haben somit einen großen Neuheitswert.

Zur Untersuchung von Unterschieden in der Leistungsfähigkeit zwischen Gesunden und Patienten ist der Vergleich von Patientengruppen und der gesunden Kontrollgruppe innerhalb einer Studie methodisch möglich. Alle Untersuchungen fanden hier unter vergleichbaren Bedingungen, mit dem gleichen Stufenprotokoll und den gleichen Geräten statt. Es bleibt zu beachten, dass die gesunde Kontrollgruppe in der aktuellen Studie keinen repräsentativen Ausschnitt aus der Normalbevölkerung darstellt (s. Kapitel 3.1). Die Baselinewerte (Visite 1) der beiden Ausdauergruppen unterscheiden sich statistisch signifikant bei der maximal erreichten Leistung. Die Schizophreniepatienten erreichten bei Testabbruch um 17 % geringere Leistungen. Zudem fällt auf, dass die objektive Ausbelastung bei den Patienten geringer ist und sich auch die Maximalwerte für Herzfrequenz, Laktatkonzentration und Anstrengungsempfinden signifikant unterscheiden. Dies lässt die Vermutung zu, dass Schizophreniepatienten den Test häufiger als Gesunde schon im submaximalen Belastungsbereich abbrechen. Bei der Auswertung der maximalen Leistung (s. o.) wurden aber nur Untersuchungen berücksichtigt, bei denen die Ausbelastung anhand objektiver Kriterien gegeben war. Es gingen hier die Daten von 11 Schizophreniepatienten und 17 gesunden Kontrollprobanden ein. Scheewe, Takken et al. (2012) nehmen nicht nur den Vergleich zur eigenen gesunden Kontrollgruppe vor, sondern beziehen auch Normwerte ein und folgern, dass die kardiorespiratorische Leistungsfähigkeit der Patienten sowohl unter dem Niveau der Normwerte als auch den Werten der eigenen gesunden Kontrollgruppe läge:

„Patients had higher resting HR ($P < 0.01$) and lower peak HR ($P < 0.001$), peak systolic blood pressure ($P = 0.02$), relative $\dot{V}_{O_{2peak}}$ ($P < 0.01$), W_{peak} ($P < 0.001$), RER ($P < 0.001$), minute ventilation ($P = 0.02$), and HR recovery ($P < 0.001$) than controls“ (Scheewe, Takken et al., 2012, S.1834)¹.

Einige Veröffentlichungen widmen sich nur dem Vergleich der ergometrischen Leistungsfähigkeit gesunder und erkrankter Probanden, ohne eine Intervention vorzunehmen. Hier zeigte sich durchgängig eine verringerte Leistungsfähigkeit im Vergleich zu gesunden Probanden (Deimel & Lohmann, 1983; Vancampfort, Probst, Scheewe et al., 2011; Vancampfort, Probst, Sweers et al., 2011; Nilsson et al., 2012; Kerling et al., 2013; Ostermann et al., 2013). Bei Deimel und Lohmann (1983) lagen die Patienten beim PWC130 und 150, bei der mit einer Laktatkonzentration von 4 mmol/l erbrachten Leistung und bei der Abbruchleistung im maximalen Fahrradergometertest 15 bis 50 Watt unter den Leistungen der gesunden Kontrollprobanden. Auch zeigte sich hier wie in der aktuellen Studie eine geringere maximale Laktatkonzentration. Kerling et al. (2013) zeigten geringe Werte für die maximal erreichte Sauerstoffaufnahme und Leistung. Nilsson et al. (2012) berichteten erhöhte RQ-Werte bei Leistungen im submaximalen Bereich, aber keine Unterschiede beim durch indirekte Kalorimetrie bestimmten Energieverbrauch auf festgelegten Belastungsstufen. Bei Vancampfort, Probst, Scheewe et al. (2011) und Vancampfort, Probst, Sweers et al. (2011) erreichten Patienten eine um knapp 20 % geringere Distanz im 6-Minuten-Gehtest als Gesunde.

Interpretation des Bewegungsverhaltens Aus trainingswissenschaftlicher Perspektive kann die verminderte Leistungsfähigkeit als Konsequenz nicht ausreichender Trainingsreize also eine Anpassung an einen weniger bewegten Lebensstil bewertet werden. Hierzu ist ein Vergleich der Bewegungsaktivitäten außerhalb der Studie sinnvoll. Anhand der Daten der Bewegungsanamnesegespräche lässt sich beurteilen, ob und wie sich die Erkrankung auf das Bewegungsverhalten der Patienten auswirkte. Die Interventionsgruppen gleichen sich bezüglich der am häufigsten genannten Aktivitätsformen: Gehen und Radfahren (s. Abbildung 4.5). Dies sind Bewegungsformen, die häufig zur Fortbewegung genutzt wurden und nur in Einzelfällen für sportliches Training. Die Patienten der Ausdauergruppe bewegten sich nach den Ergebnissen der Bewegungsanamnese zwar weniger als die gesunden Kontrollprobanden, in der statistischen Analyse zeigte sich aber keine Signifikanz für diese Unterschiede. Auch bewegten sich die Patienten der Tischfußballgruppe mehr als die Patienten der Ausdauergruppe. Ein stark ausgeprägter Bewegungsmangel kann anhand dieser Daten daher nicht belegt werden. Allerdings erfüllen 5 Patienten der Ausdauergruppe, 3 Patienten der Tischfußballgruppe und nur ein gesunder Kontrollproband die WHO-Empfehlungen für eine gesundheitsfördernde Wirkung von Bewegung vor Studienbeginn nicht (World Health Organization, 2010). Die Patientengruppen und die gesunde Kontrollgruppe unterscheiden sich auch hinsichtlich der Anzahl der Berufstätigen. Während in den Patientengruppen nur 30 % der Patienten berufstätig sind, üben 59 % der Kontrollprobanden einen Beruf aus. Interessant ist auch, dass sich berufstätige Patienten in dieser Studie mehr bewegten als arbeitslose Patienten, wohingegen sich arbeitslose gesunde Kontrollprobanden mehr bewegten

¹Die zitierten Abkürzungen sind im Abkürzungs- und Formelverzeichnis erklärt.

als berufstätige Kontrollprobanden (s. Abbildung 4.4). Was für die Patienten einen Anlass darstellt, am aktiven Leben teilzunehmen, könnte für die Gesunden zu einem Zeitmangel für Bewegung und Sport in der Freizeit führen. Wird die Berufstätigkeit bei den Patienten als Kennzeichen eines höheren allgemeinen Funktionsniveaus gesehen, könnten diese Ergebnisse auch auf einen Zusammenhang zwischen Funktionsniveau und Bewegungsverhalten bei den Patienten hinweisen. Es geben mehr gesunde Kontrollprobanden als Patienten der Ausdauergruppe an, aktiv Sport zu treiben. Die Daten der Tischfußball-Patientengruppe sind aber wiederum der gesunden Kontrollgruppe sehr ähnlich. Vor dem Hintergrund, dass die Patienten der Ausdauergruppe im Durchschnitt deutlich stärker erkrankt waren und höher dosiert Neuroleptika einnahmen, kann dies bedeuten, dass sich Patienten im Bewegungsverhalten erst ab einer bestimmten Krankheitsschwere signifikant von Gesunden unterscheiden. Diese Daten basieren auf den Angaben der Studienteilnehmer und wurden nicht mittels Aktigraphie überprüft. Angaben zum Einsatz von Aktivitätssensoren bei Schizophreniepatienten finden sich aber in der Literatur und können zum Vergleich herangezogen werden (Berle et al., 2010; Wichniak et al., 2011; Beebe & Harris, 2012; Wang et al., 2012). Berücksichtigt man mögliche Schwächen und Fehler in der Messmethodik der Geräte, handelt es sich hierbei dennoch um objektive Daten als Ergänzung der rein subjektiven Einschätzungen der aktuell diskutierten Studie. Berichtet wird eine geringere Bewegungsaktivität von Schizophreniepatienten im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden (Berle et al., 2010; Wichniak et al., 2011). Andere Studien berichten von einer fetthaltigeren und ballaststoffärmeren Ernährung, Bewegungsarmut und sitzendem Lebensstil (Brown et al., 1999; Roik et al., 2007; Chuang et al., 2008).

Bewegungsverhalten während der Intervention und nach Interventionsende Die Frage, ob die Teilnahme an der Intervention zu Veränderungen im Bewegungsverhalten der Patienten führte, lässt sich anhand der Bewegungsanamnese sowohl für den Zeitraum der Intervention als auch für den Zeitraum nach Abschluss der Intervention beantworten (s. Tabellen 4.6 bis 4.8). In beiden Ausdauergruppen kam es zu statistisch signifikanten Abnahmen der körperlichen Aktivität in der Freizeit für den Zeitraum der Interventionsteilnahme. Bei den Patienten kam es dabei zu einer Reduktion um ca. 2 Stunden wöchentlich, bei den gesunden Kontrollprobanden reduzierte sich die Freizeitbewegung um 1 Stunde, während es in der Tischfußball-Patientengruppe nicht zu diesem Rückgang kam. Dass eine Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit bei den Ausdauergruppen dennoch eintrat, zeigt die Überlegenheit eines systematischen Trainings gegenüber selbstorganisierter Freizeitbewegung bezüglich des Zielbereichs Ausdauer. Nach Abschluss der Intervention kam es bei der Bewegungsaktivität zu keinen signifikanten Veränderungen. Betrachtet man jedoch die Angaben zu der Ausübung von Sport, so zeigte sich nach einem Abfall während der Interventionsphase in allen Gruppen ein signifikanter Wiederanstieg nach Abschluss der Intervention, sodass die Ausgangswerte sogar leicht überschritten wurden. Anschließend kam es zwischen 3 und 9 Monaten nach Interventionsende erneut zu einem Abfall der Sportaktivität um ca. 10 % bei den Patienten und Kontrollprobanden der Ausdauergruppen. Dies kann als Versuch interpretiert werden, im Anschluss an die Intervention sportlich aktiver zu leben, wobei diese Lebensstilveränderung bei der Mehrzahl der Studienteilnehmer nicht über 9 Monate aufrecht erhalten werden konnte. Eine solche Aufnahme mit nachfolgendem

Abbruch sportlicher Tätigkeit konnte bei 5 Patienten der Ausdauergruppe beobachtet werden. Zwei Patienten der Ausdauergruppe (9 % bezogen auf die Teilnehmerzahl der Gruppe) heben sich diesbezüglich vom Rest der Teilnehmer ab. Hier führten günstige Umstände und ein hohes Maß an Motivation zur Aufnahme und Fortsetzung eines selbstorganisierten Ausdauertrainings, sodass der Trainingsreiz der Intervention aufrecht erhalten werden konnte. Es zeigte sich, dass die Intervention der Studie für die Mehrzahl der Patienten nicht dafür geeignet war, die langfristige Sportintegration zu fördern. Besondere Maßnahmen sollten daher in jedem sporttherapeutischen Konzept ergriffen werden, um diese Herausforderung für eine größere Patientenzahl bewältigbar zu machen.

Langzeitverlauf der Ausdauerleistungsfähigkeit Die Nachuntersuchungen im Abstand von 3 und 9 Monaten vom Trainingsende liefern Ergebnisse über den Langzeitverlauf der Ausdauerleistungsfähigkeit nach Wegfall des Trainingsreizes der Intervention. Mit insgesamt einem Jahr Studiendauer decken die Untersuchungen einen langen Zeitraum ab, in dem es zu Veränderungen durch die Intervention, aber auch durch andere Einflüsse kommen kann. Alle Kennwerte der Ausdauerleistungsfähigkeit sinken im Vergleich von Visite 4 drei Monate nach Trainingsende zu Visite 3 ab (s. Tabelle 4.12). Statistische Signifikanz ergab sich allerdings bei der Ausdauer-Patientengruppe nur bei einer Variablen, was in der gesunden Kontrollgruppe sehr viel deutlicher ausfiel mit signifikanten Reduktionen bei der *PWC* und im Laktatstoffwechsel. Bei der maximal erreichten Leistung gab es keine statistisch signifikanten Abnahmen, allerdings reduzierte sich die Leistung bei der Ausdauer-Patientengruppe um durchschnittlich 12,6 Watt und bei den gesunden Kontrollgruppe um 5,7 Watt. Ein Wegfall des Ausdauertrainingsreizes führt im Zeitraum von 3 Monaten zu Deadaptationen. Bezüglich der eigenständigen Bewegungsaktivitäten lässt sich schlussfolgern: Die Patienten führten im Durchschnitt nach Abschluss der Intervention keine dem Trainingsreiz der Intervention gleichwertige Bewegungsaktivität selbstständig durch (Vergleich s. o.). Im Verlauf des 4. bis 9. Monats nach Abschluss der Intervention konnten keine statistisch signifikanten Veränderungen der Ausdauerleistungsfähigkeit festgestellt werden. Die Kennwerte der Ausdauerleistungsfähigkeit unterliegen hier nur leichten zufälligen Schwankungen (s. Tabelle 4.13).

Schlussfolgerungen aus der Interventionsdurchführung Die Beteiligung an den Trainingseinheiten beider Interventionsformen lag mit durchschnittlich 92 % sehr hoch und beweist die gute Durchführbarkeit der Trainingsprogramme. Allerdings ermöglichte für einige Probanden nur die flexible und individuelle Gestaltung der Trainingstermine eine regelmäßige Studienteilnahme. Schwierigkeiten ergaben sich teilweise aus der Gruppenbildung, da in einigen Fällen ein Einzeltraining dem Gruppentraining vorgezogen wurde. Insgesamt fanden 12 Dropouts (15 %) während der Interventionsphase statt. Der episodische Charakter der Erkrankung zeigte sich in Einzelfällen in Form von Verschlechterungen der Erkrankung und erneuten stationären Behandlungen zum Teil außerhalb des Studienorts. Dies war der Dropout-Grund von 2 der 3 Dropouts aus der Ausdauer-Patientengruppe und 3 der 5 Dropouts aus der Tischfußball-Patientengruppe. Bei zwei weiteren Dropouts zeigte sich auch die Problematik, dass die Probanden den Studienort verließen. Die Nähe zum Wohnort ist folglich ebenfalls von großer

Bedeutung für das Gelingen ambulanter Sportangebote. Auch die sehr guten subjektiven Bewertungen beider Interventionen mit 8 bzw. 9 von 10 Punkten durch die Patienten zeigt, dass die Akzeptanz durch die Patienten als eine wichtige Voraussetzung für die Durchführbarkeit der Trainingsprogramme gegeben war. Insgesamt kann von einer guten Compliance gesprochen werden.

Zwischenfazit Das gewählte Ausdauer-Trainingsregime stellt im Gegensatz zum Tischfußballspiel einen wirksamen Trainingsreiz zur Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit dar. Schizophreniepatienten zeigen ebenso wie gesunde Probanden charakteristische Anpassungen an dieses Training im Sinne einer gesteigerten Leistungsfähigkeit, allerdings mit Unterschieden bei Anpassungen des Laktatstoffwechsels (Hypothese 1). Die Darstellung der individuellen Veränderungen in den Kernvariablen zeigt unterschiedliche Muster (Hypothese 2). Alle Kennwerte der Ausdauerleistungsfähigkeit zeigen bei den Patienten vor Interventionsbeginn kleinere Werte im Vergleich zu den gesunden Kontrollprobanden, statistische Signifikanz erreichen diese Unterschiede allerdings nur bei der maximal erreichten Leistung (Hypothese 3). Es traten sehr geringe bis geringe statistisch signifikante Korrelationen der Parameter der Ausdauerleistungsfähigkeit mit der Bewegungsaktivität im Alltag zu Studienbeginn auf (Hypothese 4). Eine hohe prozentuale Anwesenheit und geringe Dropoutrate spricht für die Durchführbarkeit der Studienintervention. Akute psychotische Krankheitsphasen mit erneuten stationären Aufnahmen führten zu Unterbrechungen oder Abbrüchen der Studienintervention. Da mit einem episodischen Verlauf der Erkrankung umgegangen werden muss, sollten Modifikationen eines Trainingsprogramms für Akutphasen überdacht und die Durchführbarkeit in der Akutbehandlung gesondert erprobt werden (Hypothese 5). Die Intervention erwies sich für 66 Probanden mit einer hohen Zufriedenheit als durchführbar bei flexiblen Terminen und individueller Betreuung (Hypothese 6). Alle untersuchten Kennwerte der Ausdauerleistungsfähigkeit nahmen zwischen Visite 3 und Visite 4 (drei Monate nach Beendigung der Ausdauerintervention) ab. Diese Veränderungen erreichten in der Mehrzahl keine statistische Signifikanz. Die Tendenz des Absinkens der Werte ist von Visite 4 zu Visite 5 (neun Monate nach Beendigung der Intervention) nicht mehr nachweisbar. Eine Integration von mehr Bewegung ins Alltagsleben nach Abschluss der Intervention als vor Studienbeginn konnte nicht eindeutig gezeigt werden. Die Anzahl der Teilnehmer an sportlichen Aktivitäten außerhalb der Studie nimmt zwar kurzfristig – nach einem Absinken während der Intervention – wieder zu, wird aber nicht langfristig aufrechterhalten. Nur in zwei Ausnahmen kommt es zur Aufrechterhaltung eines der Intervention gleichwertigen Ausdauertrainingsreizes (Hypothese 7).

Aussagekraft und Berücksichtigung von Limitationen Die Verallgemeinerung von Ergebnissen der Belastungsuntersuchungen darf nur mit Vorsicht erfolgen. Da hier speziell getestet wurde, wie sich die Ausdauerleistungsfähigkeit auf dem Fahrradergometer verändert, sollte dies auf ähnliche Aktivitäten wie das Fahrradfahren zum Einkaufen im Alltagsleben übertragbar sein. Dies müsste den ausdauertrainierten Probanden leichter fallen oder bei gleicher Anstrengung schneller zu absolvieren sein. Von einer gewissen Aussagekraft für die allgemeine körperliche Leistungsfähigkeit kann unter Berücksichtigung der Testspezifität nur unter Einschränkungen ausgegangen werden. In erster Linie können die Ergebnisse nur für die getestete Bewegung gelten. Auch ist der

grundsätzliche Unterschied von Laborbedingungen und Alltagsleben zu berücksichtigen. Als Limitationen im Bereich von Belastungsuntersuchung und Bewegungsanamnese sollten folgende Aspekte bei der Bewertung der Daten Berücksichtigung finden:

1. Aus organisatorischen Gründen war die Verschiebung oder Wiederholung einer Untersuchung zu einem anderen Zeitpunkt nur im Fall von aufgetretenen Kontraindikationen möglich. Auch eine zusätzliche Untersuchung vor Studienbeginn wurde nicht vorgenommen, sodass die erste Untersuchung (Visite 1) als Baselinewert in die Auswertung einging.
2. Die Ausbelastung als Voraussetzung für die Verwendung von maximal erreichten Werten schränkt die Anzahl der verwendbaren Daten stark ein. Zudem war trotz gleicher Bedingungen in der Patientengruppe keine gleich starke Ausbelastung wie in der gesunden Kontrollgruppe zu erzielen. Die Forderung, erst bei subjektiver Erschöpfung den Test zu beenden, wurde außerdem von einigen Probanden als unangenehm empfunden.
3. Das Verwenden einer fest angelegten Maske zur Erfassung der Atemparameter wurde nicht von allen Probanden toleriert, sodass bei einzelnen Untersuchungen die Maske zwischenzeitlich oder vorzeitig entfernt werden musste.
4. Die Trittfrequenz war von den Probanden frei zu wählen, wobei darauf geachtet wurde, dass in Folgeuntersuchungen ungefähr eine vergleichbare Frequenz gefahren wurde. Die Trittfrequenz kann die Parameter der Ausdauerleistungsfähigkeit beeinflussen (Böning, Gönen & Maassen, 1984). Daher wäre die Vergleichbarkeit der Daten bei einer stärker festgelegten Trittfrequenz innerhalb einer kleineren Spanne (z.B. 60 bis 80 Umdrehungen pro Minute) höher.
5. Die Leistungsfähigkeit sowie ihre einzelnen Komponenten unterliegen sowohl Schwankungen im Tagesverlauf als auch Tag-zu-Tag-Schwankungen. Erstere können durch die ähnliche Untersuchungszeit weitgehend ausgeglichen werden, über letztere kann keine genaue Aussage getroffen werden. Ein Variationskoeffizient für wiederholte Messungen liegt für die spezielle, in dieser Studie vorgenommene Versuchsdurchführung nicht vor. Es muss hierfür auf allgemeine Daten aus der Literatur zurückgegriffen werden (s. Abschnitt 3.3.3).
6. Der im Bezug auf den Jahresverlauf unterschiedliche Trainingsbeginn der Studienteilnehmer schließt Einflüsse der Jahreszeiten auf Messparameter nicht aus.
7. Das Fehlen von Ernährungsregeln vor den Untersuchungen führte zu unterschiedlichen Bedingungen für die Probanden. Teilweise wurde die Belastungsuntersuchung ohne vorherige Mahlzeit absolviert. Dies kann u. a. allgemeine Einflüsse auf den Energiestoffwechsel und die Leistung bei einer vorgegebenen Laktatkonzentration haben.
8. Die Zeitabstände zwischen Interventionsende und Nachuntersuchungen variieren stark (2 bis 55 Tage). Daher wurden die Probanden nach dem Training zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Bezug auf die Wirksamkeit des Trainingsreizes

untersucht. Möglich ist, dass Trainingseffekte noch in einem zunehmenden Stadium oder schon in einer Phase des Rückgangs aufgrund des ausbleibenden Trainingsreizes (Deadaptation) erfasst wurden.

9. Ein Teil der Parameter ist bezüglich der Richtigkeit davon abhängig, dass die Probanden Auskünfte z. B. über ihre Alltagsaktivität geben, die der Wahrheit entsprechen. Neben dieser Grundvoraussetzung sind die Antworten natürlich dem Einfluss der sozialen Erwünschtheit und der Fehleinschätzung von Zeiträumen und Wegstrecken durch die Probanden unterworfen. Eine Objektivierung durch Messungen fand nicht statt. Dies betrifft auch die Daten der subjektiven Bewertung der Intervention.
10. Es fand eine Veränderung der Alltagsaktivität während der Intervention statt, deren Einfluss auf die Ergebnisse nicht klar definiert werden kann.
11. Trotz des Kriteriums, für die gesunde Kontrollgruppe nur Probanden ohne ein systematisches Ausdauertraining einzuschließen, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die gesunde Kontrollgruppe zu Beginn der Intervention einen besseren Trainingszustand aufwies als die Patientengruppen.
12. Da auf eine Randomisierung bei der Zuweisung der Patienten zu den Interventionsgruppen verzichtet wurde und stattdessen zuerst die Ausdauergruppe und anschließend die Tischfußballgruppe mit Patienten gefüllt wurde, sind Unterschiede zwischen den Gruppen nicht auszuschließen. Bei der Medikation und der Krankheitsschwere wurden sie statistisch signifikant messbar. Ebenfalls liegen Unterschiede bezüglich der Bewegungsaktivität im Alltag vor. Des Weiteren unterliegen die Daten einem Rekrutierungsbias. Die Rekrutierungsstrategien wurden aufgrund eines Mangels an Patienten schrittweise im Verlauf der Studie ausgeweitet, sodass gegen Ende der Studie andere Zielgruppen angesprochen wurden als zu Beginn der Studie.
13. Zusätzlich herrschte aufgrund weitgefasster Ein- und Ausschlusskriterien sowie der Charakteristik der Erkrankung Schizophrenie eine große Heterogenität in den Gruppen.

Die letzten sechs Punkte der Aufzählung gelten natürlich auch für die anderen Ergebnisbereiche.

5.2 Diskussion von Veränderungen des allgemeinen psychosozialen Funktionsniveaus

Steigerung des psychosozialen Funktionsniveaus Als Veränderung aus dem Bereich der Psychopathologie wird hier die signifikante Zunahme des allgemeinen psychosozialen Funktionsniveaus sowohl zwischen Visite 2 und 3 als auch im Vergleich von Visite 1 und 3 bei den ausdauertrainierenden Schizophreniepatienten herausgegriffen (Hypothese 10). Sie wurde vor der Intervention sowie nach 6 und 12 Wochen Intervention

im Gespräch mit einem der Studienärzte anhand des Global Assessment of Functioning (GAF) erfasst. Bei der Ausdauer-Patientengruppe nahm der GAF-Score innerhalb der ersten Hälfte der Intervention um 4 Punkte und in der zweiten Interventionshälfte um 5,5 Punkte von durchschnittlich 56,8 (Visite 1) auf 66,3 (Visite 3) Punkte zu (s. Tabelle 4.19). Bei den Patienten der Tischfußballgruppe traten keinerlei signifikante Veränderungen im Rahmen der Interventionsphase auf. Die Werte der Tischfußballgruppe unterscheiden sich für alle Zeitpunkte – auch vor Interventionsbeginn – signifikant von denen der Ausdauergruppe im Sinne eines geringeren Schweregrades der Erkrankung (s. Tabelle 4.19). Dem GAF-Score als Wert für das psychosoziale Funktionsniveau kommt große Bedeutung zu. Nimmt man die Textform der GAF zu der zahlenmäßigen Verbesserung um ca. 10 Prozentpunkte hinzu, so wird die Tragweite dieser Verbesserung deutlich. Die Kategorie 60 - 51 (vor der Intervention) steht für „mäßig ausgeprägte Symptome“ und eine „mäßig eingeschränkte Leistungsfähigkeit“, wobei der Bereich 70 - 61 (nach der Intervention) für „einige leichte Symptome“ und eine „im allgemeinen [sic] relativ gute Leistungsfähigkeit“ steht. Hinzugefügt ist, dass die „meisten Laien (...) den Patienten nicht als krank ansehen“ würden (s. Ausschnitt aus der Case Report Form im Anhang in Abbildung A.22, Saß et al. (2003, S. 24f)). Diese Ergebnisse verdeutlichen die Chance über eine Steigerung der Funktionsfähigkeit im psychosozialen Bereich mit der Studienintervention eine geringere Beeinträchtigung im Sozialleben und eine größere Teilhabe am gesellschaftlichen und beruflichen Leben für die Patienten zu erwirken.

Unterschied zwischen den Patientengruppen Als Limitation muss hier angeführt werden, dass die Ausdauer-Patientengruppe deutlich stärker erkrankt war und auch eine höhere Medikationsdosis bezogen auf die Neuroleptika erhielt. Dies reduziert die Vergleichbarkeit der in anderen Parametern sehr ähnlichen Patientengruppen erheblich und muss bei der Interpretation der Daten berücksichtigt werden.

Korrelationen zur Ausdauerleistungsfähigkeit Zunahmen der Ausdauerleistungsfähigkeit sind mit Zunahmen des allgemeinen psychosozialen Funktionsniveaus assoziiert. Veränderungen der Leistungsfähigkeit in den sportdiagnostischen Belastungsuntersuchungen stehen mit Veränderungen des GAF-Scores in einem positiven statistischen Zusammenhang geringer Stärke (Hypothese 10).

Rückschluss auf Wirkmechanismen von Sport und Bewegung Diese Funktionsverbesserungen können auf allgemeine psychische Wirkungen von körperlicher Bewegung, die beobachtete Zunahme von sozialem Interesse und sozialer Kompetenz und einer aktivierenden Wirkung zurückgehen (Arent et al., 2001; Broocks & Sommer, 2005; Stathopoulou et al., 2006; Hölter, 2011; Schüle & Huber, 2012), wobei z. B. für die Förderung sozialer Kompetenzen in der Regel ein speziell auf diese Zielrichtung ausgelegtes Trainingsprogramm durchgeführt wurde. Möglicherweise gehen die Veränderungen zum Teil auch auf die erhöhte Zuwendung durch das Studienpersonal zurück. Die positiven Veränderungen in der Ausdauergruppe und nicht in der Tischfußballgruppe weisen jedoch darauf hin, dass die Teilnahme an einem Ausdauertrainingsprogramm hier ebenfalls wirkungsvoll ist.

Einordnung in die Studienlage In einigen der in Kapitel 2.2 aufgeführten Studien wurden Veränderungen im psychosozialen Bereich untersucht. Duraiswamy et al. (2007) z. B. fanden bei Schizophreniepatienten Steigerungen in der sozialen Funktionsfähigkeit nach der Teilnahme an einer Yoga- oder Sportgruppe, wobei die Verbesserungen in der Yogagruppe größer als in der Sportgruppe waren. Auch Varambally et al. (2012) bestätigten diese Ergebnisse unter Verwendung der Social Occupational Functioning Scale (SOFS, s. Saraswat, Rao, Subbakrishna und Gangadhar (2006)). Veränderungen im sozialen Funktionsniveau erfolgen also nicht exklusiv auf Ausdauertrainingsreize, sondern auch durch Teilnahme an Yoga.

5.3 Diskussion von Veränderungen der hippocampalen Volumina

Ergebnisse der Hippocampusvolumetrie Statt der erwarteten Zunahmen fanden sich bei den Schizophreniepatienten der Ausdauergruppe Verringerungen der hippocampalen Volumina oder keine Änderungen (s. Abschnitt 4.3.6). Beim gesonderten Vergleich von rechten hippocampalen Volumina vor (Visite 1) und nach dem Ausdauertraining (Visite 3) erreicht die Reduktion den Bereich der statistischen Signifikanz. Die Volumenveränderungen auf der linken Seite sowie alle Veränderungen von V 1 zu V 3 bei den anderen Interventionsgruppen erreichen keine statistische Signifikanz und können aufgrund ihrer geringen Größe nicht sicher von Messungenauigkeiten getrennt werden. Es kann daher von einem gleichbleibenden Volumen mit einer Tendenz zur Verringerung bei beiden Patientengruppen und einer Tendenz zur Vergrößerung bei der gesunden Kontrollgruppe ausgegangen werden. Unterzieht man die Teilschritte der Veränderungen einer Analyse, so fällt auf, dass beiden Ausdauergruppen eine Vergrößerung des Volumens nach den ersten 6 Trainingswochen (von V 1 zu V 2) auf der linken Seite gemeinsam ist. Die Vergrößerung um durchschnittlich 93 mm^3 bei der gesunden Kontrollgruppe stellt die größte Veränderung in der Untersuchung dar und erreicht einzeln analysiert statistische Signifikanz ($p = 0,035$). Bei Analyse dieser Veränderungen mit dreistufigem Faktor Zeit über den ganzen Interventionszeitraum liegt jedoch keine Signifikanz vor ($p \geq 0,064$). In der zweiten Hälfte der Intervention, von V 2 zu V 3 fällt das linke Hippocampusvolumen bei beiden Ausdauergruppen wieder ab, bei der Patientengruppe sogar unter den Ausgangswert bei Visite 1. Auf der rechten Seite ist diese Abfolge aus Anstieg und anschließendem Abfall der Volumina nur bei der gesunden Kontrollgruppe feststellbar, während die Volumina der Ausdauer-Patientengruppe kontinuierlich abnehmen. Die hippocampalen Volumina der Tischfußballgruppe nehmen auf beiden Seiten kontinuierlich und in geringem Ausmaß über den Untersuchungszeitraum hinweg ab. Je nach Variation der Ausschlusskriterien anhand des Zeitabstandes von Trainingsende und V 3-MRT ergeben sich kleinere Veränderung innerhalb der beschriebenen Tendenzen, die in den Tabellen 4.29 und 4.30 nachvollzogen werden können. Es ergeben sich allerdings keine relevanten Unterschiede, mit Ausnahme der verschwindenden Signifikanz der Volumenabnahme der Ausdauer-Patientengruppe von V 1 zu V 3 (nun $p = 0,096$).

Unterschiede zwischen Patienten und Gesunden Die Hippocampusvolumina der Patientengruppen sind im Durchschnitt um 4 % kleiner bezogen auf die Volumina der gesunden Kontrollgruppe. Dies passt zu berichteten hippocampalen pathologischen Veränderungen bei Schizophrenie (s. Kapitel 2.1). Statistische Signifikanz erreichte der Gruppenunterschied allerdings vor Interventionsbeginn nicht, sondern nur beim rechten Hippocampus bei Visite 3 nach dem Training.

Korrelationen mit Bewegungsaktivität und Ausdauerleistungsfähigkeit Nur in der Tischfußball-Patientengruppe konnte eine signifikante positive Korrelation für Ausdauerleistungsfähigkeit und Hippocampusvolumen nachgewiesen werden. Weder Hippocampusvolumen noch Ausdauerleistungsfähigkeit zeigten eindeutige Veränderungen im Verlauf der Intervention. In den anderen Gruppen existiert dieser Zusammenhang nicht. Auch konnte ein Zusammenhang von körperlicher Aktivität vor Studienbeginn und Baselinevolumina oder Bewegung während der Intervention und Veränderungen der Volumina nicht nachgewiesen werden.

Zwischenfazit Im Bezug auf die erwartete Zunahme des absoluten Hippocampusvolumens konnte die Hypothese nicht bestätigt werden. Das Hippocampusvolumen nahm im Verlauf der Ausdauerintervention nicht zu und korreliert daher bei den Ausdauergruppen auch nicht positiv mit der Ausdauerleistungsfähigkeit (Hypothese 8). Hippocampusvolumina der Schizophreniepatienten sind kleiner im Vergleich zu den gesunden Kontrollprobanden, allerdings ohne statistische Signifikanz. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Hippocampusvolumina und Aktivitätsniveau konnte nur für die Tischfußballgruppe festgestellt werden (Hypothese 9).

Limitationen Die Limitation der variierenden Zeitabstände gilt ebenso für die Messung des Hippocampusvolumens wie auch für die anderen Daten. Hinzu kommt hier, dass nicht aufgeklärt ist, welcher Zeitstruktur Veränderungen im Hippocampusvolumen unterliegen. Tierexperimentelle Untersuchungen geben Hinweise, dass es sich bei der Neubildung und auch beim Zelltod neu gebildeter Nervenzellen im Hippocampus um Zeiträume von 2 Stunden bis 2 bis 3 Wochen handeln kann (Gould, Beylin, Tanapat, Reeves & Shors, 1999; Kempermann, 2006). Die Vorgehensweise mit der manuellen Bearbeitung automatisch erstellter hippocampaler Label Maps in 3D Slicer birgt einige eigene Limitationen. Die begrenzte Auflösung der MRT-Daten erschwert eine eindeutige Identifizierung hippocampaler Grenzen und macht es unmöglich, kleine Strukturen zu erkennen. Der Hippocampus ist jedoch eine sehr komplexe Struktur (s. Abbildung 2.1), die bildlich gesprochen über Auffingerungen und Zähne verfügt und sich aus verschiedenen Zellschichten, Feldern und Komponenten zusammensetzt und zudem einer komplexen Verschaltung mit den umliegenden Strukturen unterliegt (Duvernoy, 2005). Dies lässt eine höhere Auflösung, einen besseren Kontrast und eine stärkere Fokussierung der Bildgebung auf die Darstellung des Hippocampus als vorteilhaft erscheinen. Bei der manuellen Bearbeitung ist nicht auszuschließen, dass die Bewertung des Grauwerts einzelner Bildpunkte Schwankungen unterlag. Durch die zwischen MRT-Studien stark unterschiedliche Vorgehensweise bei der Definition und praktischen Umsetzung der Grenzziehung sind Vergleiche mit Daten anderer Forschungsgruppen nur eingeschränkt

möglich. Eine automatisierte Vorgehensweise wäre bezüglich der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse vielleicht von Vorteil (Mulder et al., 2014), allerdings bergen vollautomatisierte Volumenbestimmungen die Gefahr, dass vorkommende falsche Messungen nicht erkannt werden. Eine weitere Limitation ist, dass beide Geschlechter gemeinsam untersucht wurden, wobei hormonelle Einflüsse im Rahmen des weiblichen Zyklus nicht gänzlich ausgeschlossen und kontrolliert werden können. Als Limitation muss auch erkannt werden, dass vom Lebensstil der Probanden zahlreiche Einflüsse ausgehen, über die keine Daten erhoben wurden. Dies gilt zum Beispiel für die Alkoholkonsumgewohnheiten, die sicherlich zwischen den Probanden stark variierten. Auch besteht die Möglichkeit, dass mit der Untersuchungsmethode, das Volumen des gesamten Hippocampus als Einheit zu erheben, Änderungen, die nur in einem Teil der Gesamtstruktur stattfinden, nicht bemerkt werden können. Pereira et al. (2007) entdeckten signifikante Zunahmen des zerebralen Blutvolumens als Korrelat der Neurogenese nur im Gyrus dentatus, nicht in anderen Bereichen der Hippocampusformation. Erickson et al. (2011) fanden Veränderungen im anterioren Teil des Hippocampus als Anpassung an Ausdauertraining; Maguire et al. (2000) zeigten eine Volumenveränderung im posterioren Teil des Hippocampus bei Taxifahrern mit stark sitzender Tätigkeit und Anforderungen bezüglich des räumlichen Lernens. Es gibt Hinweise, dass die Pathologie der Schizophrenie einige Regionen des Hippocampus stärker betrifft als andere (Narr et al., 2004). Eine Überarbeitung der bestehenden Label Maps der Hippocampi mit einer Teilung der Volumina in anterior und posterior könnte ein interessanter Ansatz weiterer Arbeit sein (Woolard & Heckers, 2012).

Variabilität der gemessenen Größe Das Hippocampusvolumen ist eine Größe, die hoher Variabilität unterliegt, ebenso bei jungen wie bei älteren Menschen (Lupien et al., 2007). Hohe interindividuelle Unterschiede, die nicht eindeutig bestimmten Einflussfaktoren oder Pathologien zuzuordnen sind, machen die Analyse schwierig. Gleichzeitig ist der Hippocampus eine dynamische Hirnregion, in der auch unter normalen Bedingungen ständig Veränderungen stattfinden (Andersen et al., 2007, S. 321): „It appears to undergo dynamic modifications continually in the form of dendrite extension and retraction as well as synapse formation and elimination“.

Analyse von Einflussfaktoren Neben methodischen Aspekten konnten bei der Suche nach Gründen für die fehlende Volumenzunahme in den Ausdauergruppen anhand der Literatur eine Vielzahl von Einflussfaktoren auf Hippocampusvolumen und Neurogenese identifiziert werden. Nur ein Teil der Faktoren konnte anhand der Studiendaten bisher überprüft werden, während der restliche Anteil auf der Arbeit anderer Forschungsgruppen beruht und als Hypothese für die weitere Arbeit bestehen bleiben muss (s. Tabelle 5.1). Bei der Auswahl der Einflussfaktoren handelt es sich zum Teil um Faktoren der Lebensumstände während, aber auch vor der Interventionphase. Eine Vielzahl von Einflüssen ist nicht ausreichend bekannt. So fehlen exakte Informationen, was sich durch die Studienteilnahme im Leben der Probanden geändert hat und auf welche Bedingungen der Trainingsreiz bei den einzelnen Probanden traf.

Tab. 5.1. Mögliche Einflussfaktoren auf Neurogenese oder Hippocampusvolumina bzw. Volumenänderungen

Einflussfaktoren mit Überprüfung durch die Studiendaten	weitere mögliche Einflussfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> • Alter, • Geschlecht, • Neuroleptikawirkstoff und -stoffgruppen, • Antidepressiva, • Bewegungsaktivität, • körperliche Leistungsfähigkeit (z. B. anhand der $\dot{V}_{O_2}$), • Erkrankungsdauer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wachstumsfaktoren, • Genetik, • Stärke der Negativsymptomatik, • Alkoholkonsum, • Stress, • Lernanlässe, Reizarmut oder -reichtum der Umgebung, • Hormone, Glukokortikoide.

- Alter: In einigen longitudinalen Studien konnten Rückgänge des Hippocampusvolumens mit zunehmendem Alter gefunden werden (Raz et al., 2005; Erickson et al., 2011). Gegenteilige Ergebnisse sind fehlende Korrelationen zwischen Alter und Volumen bei 20- bis 85-Jährigen (Sullivan, Marsh & Pfefferbaum, 2005). Aus den aktuellen Studiendaten ergaben sich bei der Analyse der Probanden aller Gruppen geringe, aber statistisch signifikante negative Zusammenhänge des Hippocampusvolumens und des kalendarischen Alters bei V 1 auf der rechten Seite ($r = -0,252^*$). Unter Einbezug des Alters als Kovariate in die Auswertung der aktuellen Studiendaten ergeben sich aber keine signifikanten Einflüsse (s. Tabellen 4.26 und 4.27).
- Geschlecht: Laut einer aktuellen Meta-Analyse (Adriano et al., 2012) sind Männer und Frauen mit einer Schizophrenieerkrankung gleichermaßen von einer hippocampalen Volumenreduktion betroffen. In der vorliegenden Studie fand sich ein signifikanter Einfluss des Geschlechts nur beim linken Hippocampusvolumen zum Zeitpunkt der V 1 ($p = 0,049$). Bei einzelner Untersuchung der Gruppen bestanden signifikante Unterschiede zwischen den zwei Geschlechtern nur in der Tischfußball-Patientengruppe. In der mehrfaktoriellen Analyse zeigte die Variable Geschlecht als Zwischensubjektfaktor keinen signifikanten Einfluss.
- Neuroleptikawirkstoffe und -stoffgruppen: In einer Studie mit MRT-Volumetrie zeigten sich unter Behandlung mit atypischen Antipsychotika größere Hippocampusvolumina (Chakos et al., 2005), für die Wirkstoffe Olanzapin und Risperidon fanden sich im Tiermodell positive Auswirkungen auf die Neurogenese (Wakade, Mahadik, Waller & Chiu, 2002), wobei die Hippocampusvolumina bei Patienten nach Umstellung auf Olanzapin nicht signifikant zunahmen (Panenka et al., 2007). In den hier vorgestellten Studienergebnissen zeigte sich kein Einfluss bzgl. der Unterscheidung in typische und atypische Antipsychotika, wohl aber ein Zusammenhang der Einnahme von Olanzapin und Risperidon mit größeren linken Hippocampusvolumina. Die Chlorpromazinäquivalenz-Tagesdosis korreliert positiv und statistisch signifikant mit der Veränderung der Hippocampusvolumina innerhalb der ersten 6 Trainingswochen in der Ausdauer-Patientengruppe.
- Antidepressiva: Während in dieser Studie kein Zusammenhang zwischen der Einnahme von Antidepressiva und den Hippocampusvolumina nachgewiesen werden konnte, gibt es sowohl Studien, die für einen deutlichen Einfluss auf die Neurogenese im Gyrus dentatus bei Ratten sprechen (Malberg et al., 2000), als auch Studien, die eine solche fördernde Wirkung bei der Untersuchung von Post-mortem-Gewebe von älteren und depressiven Patienten nicht nachweisen konnten (Lucassen, Stumpel, Wang & Aronica, 2010).

- **Bewegungsaktivität:** Bisherige Kenntnisse zum Einfluss von körperlicher Aktivität auf Veränderungen im Hippocampus und Neurogenese sind im theoretischen Hintergrund (s. Kapitel 2.1) ausführlich dargestellt worden (s. z. B. Killgore et al., 2013). In dieser Studie konnte der vermutete Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität vor Studienbeginn und Hippocampusvolumen anhand der Baseline-Werte nicht belegt werden. Man beachte aber die Limitationen bezüglich der Erhebung der Aktivitätsdaten. Auch nach den unterschiedlichen Trainingsinterventionen unterschieden sich die Gruppen nicht signifikant bezüglich der Hippocampusvolumina.
- **körperliche Leistungsfähigkeit:** Zusammenhänge zwischen körperlicher Leistungsfähigkeit und hippocampalen Volumina wurden berichtet (Erickson et al., 2011; Szabo et al., 2011; Makizako et al., 2013). In den vorliegenden Studiendaten korrelieren die Variablen der Ausdauerleistungsfähigkeit und des Hippocampusvolumens signifikant nur die Tischfußballgruppe. Hier besteht ein statistisch signifikanter positiver Zusammenhang zwischen der im Test maximal erbrachten Leistung oder Sauerstoffaufnahme und dem rechten oder linken Hippocampusvolumen.
- **Erkrankungsdauer:** Die Erkrankungsdauer zeigte dagegen keine signifikanten Korrelationen mit Hippocampusvolumina in der aktuellen Studie. Die Studienlage ist hierzu kontrovers (Wood et al., 2001; Chakos et al., 2005). Chronisch erkrankte Patienten wiesen in einer Metaanalyse im Mittel keine kleineren Volumina als ersterkrankte Patienten auf (Adriano et al., 2012), sodass weniger von einem progressiven Prozess ausgegangen werden kann, sondern Ursachen in der Gehirnentwicklung vermutet werden.
- **Wachstumsfaktoren:** Für eine Beteiligung von Wachstumsfaktoren an Veränderungen des Hippocampusvolumens und der hippocampalen Neurogenese sprechen anatomische Aspekte und Studien an Tieren und Menschen. Die Versorgung mit Wachstumsfaktoren wäre gegeben, denn es „befinden sich viele Vorläuferzellen im Gyrus dentatus auch in der Nähe von Blutgefäßen“ (Bischofberger & Schmidt-Hieber, 2006, S. 251). Untersuchungen haben gezeigt, dass z. B. der Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF) für das Zustandekommen der positiven Wirkung von Aktivität auf adulte Neurogenese bei Mäusen notwendig ist (Fabel et al., 2003), ebenso wie Insulin-like growth factor 1 (IGF-I, Carro et al., 2000; Trejo et al., 2001). Beim Menschen konnten Zusammenhänge zwischen BDNF-Konzentrationen, körperlicher Aktivität und Veränderungen des Hippocampusvolumens festgestellt werden (Erickson et al., 2011; Huang et al., 2014). Untersuchungen der Blutproben innerhalb der Schizophrenie-Sportstudie lassen einen Beitrag zur Erklärung der Wirkungsmechanismen erwarten.
- **Genetik:** Bei Mäusen unterliegt die Zahl der Körnerzellen im Gyrus dentatus der genetischen Veranlagung (Kempermann et al., 1997b) und auch die Schizophrenie hat eine starke genetische Komponente. Eine Variante des Schizophrenie-Suszeptibilitätsgens Dysbindin-1 war bei Trost et al. (2013) mit signifikant größeren hippocampalen Volumina assoziiert. Der genetische Einfluss auf das Hippocampusvolumen wird auch anhand des Zusammenhangs zwischen Variationen des Neuregulin-1 Gens und Volumenreduktionen deutlich (Gruber et al., 2008). Genetische Bestimmungen und Subgruppenbildung innerhalb der Interventionsgruppen dieser Studie könnten interessante Aufschlüsse bezüglich der näheren Identifizierung von Respondern und Non-Respondern geben.
- **Stärke der Negativsymptomatik:** Auch Wood et al. (2001) suchten in einer longitudinalen Studie ohne Intervention nach Gründen für Veränderungen innerhalb des Hippocampusvolumens. Die größten Volumenverminderungen fanden in ihrer Studie über knapp zwei Jahre beim Vorliegen starker Negativsymptomatik statt. Eine Korrelation von Negativsymptomatik und Hippocampusvolumenentwicklung könnte in der vorliegenden Studie Aufschluss geben.
- **Alkoholkonsum:** In der vorliegenden Studie wurde der Alkoholkonsum nicht protokolliert oder untersagt. Es ist daher nicht auszuschließen, dass der chronische oder auch akute Konsum von Alkohol einen Einfluss auf die Studienergebnisse hatte, während anderer Drogenkonsum als Ausschlusskriterium galt und auch labordiagnostisch überprüft wurde. Alkohol scheint neben vielfältigen anderen Wirkungen auch eine Auswirkung auf die adulte Neurogenese im Gyrus dentatus zu haben (Herrera et al., 2003).

- **Stress:** Als ein früher beispielhafter Beleg, dass Stress die adulte Neurogenese hemmt, wird ein Versuch mit Spitzhörnchen angegeben (z. B. Kempermann et al., 1998, S.856). Das Erleben von psychosozialen Stress führte hier zu einem Rückgang neugebildeter Zellen im Gyrus dentatus (Gould et al., 1997). Das Erleben von Stresssituationen oder andauerndem Stress kann bei den Untersuchungsteilnehmern der Schizophrenie-Sportstudie nicht ausgeschlossen werden und es kann angenommen werden, dass Patienten und Gesunde hier unterschiedlich reagieren. Möglicherweise stellte auch die Studienteilnahme selbst – z. B. über die Notwendigkeit des Einhaltens regelmäßiger Termine oder aber auch durch die zeitweise Aufgabe sozialer Zurückgezogenheit – Stress für die Patienten dar.
- **Lernanlässe, Reizarmut oder -reichtum der Umgebung:** Im Tiermodell führte die Haltung in einem interessanteren Käfig (enriched environment) zu einer höheren Neuronenzahl im Gyrus dentatus und größeren Volumina der granulären Zellschicht des Hippocampus, einem größeren Dendritenbaum sowie einer höheren Anzahl an Synapsen und dendritischen Dornen (Spines) (Kempermann, Kuhn & Gage, 1997a; Andersen et al., 2007). Ebenso führte hippocampusabhängiges Lernen bei Ratten zu einer Förderung des Überlebens von zuvor neugebildeten Neuronen (Gould et al., 1999). Wie sich beim Menschen Lebensbedingungen mit spezifischen Lernanlässen auswirken, zeigte ein größeres Volumen des posterioren Hippocampus bei Taxifahrern in Abhängigkeit von der Arbeitsdauer (Maguire et al., 2000). Welche Lernanlässe die Studienteilnehmer außerhalb der Studie erlebten bzw. wie reizarm oder -reich ihre Umgebung war, konnte nicht erfasst werden. Vermutet werden kann jedoch, dass berufstätige Probanden oder Probanden in Ausbildung oder Studium mehr Lernreize erhielten und Patienten, die zurückgezogen lebten, eher eine reizarme Umgebung hatten. Bei der Korrelation der Anzahl der in der Studie „Exercise II“ absolvierten kognitiven Trainingseinheiten, die aufgrund von Fehlterminen leicht schwankte, mit den Hippocampusvolumina ergaben sich keine statistisch signifikanten Zusammenhänge.
- **Hormone, Glukokortikoide:** Die Hippocampusformation wird auch von Hormonen beeinflusst. Dies gilt zum Beispiel bei der Wirkung von Stress auf den Hippocampus (s. o.), die auch durch eine Injektion von Glukokortikoiden hervorgerufen werden konnte (McEwen, 1996). Hohe Konzentrationen sind dabei mit atrophischen Veränderungen verbunden (Andersen et al., 2007). Aber auch die sich ändernde Hormonlage im weiblichen Zyklus scheint Auswirkungen auf den Hippocampus zu haben (Woolley, Wenzel & Schwartzkroin, 1996; Woolley, 1998). Hormonkonzentrationen ebenso wie Zyklusphasen wurden bei den Sportstudienteilnehmern nicht erfasst.

Beeinträchtigung der Plastizität? Viele der diskutierten Einflussfaktoren beziehen sich primär auf die adulte Neurogenese und nicht direkt auf das Hippocampusvolumen. Auch basieren die Annahmen oft auf tierexperimentellen Studien, da die Untersuchungsmöglichkeiten beim Menschen wesentlich eingeschränkter sind. Noch weniger Untersuchungen widmen sich den Schizophreniepatienten direkt, sodass immer Einschränkungen bei der Übertragbarkeit der Ergebnisse beachtet werden müssen. Speziell gilt es in der Zukunft die Frage zu beantworten, ob Schizophrenie mit einer Beeinträchtigung der Plastizität des Gehirns als Teil der Pathologie einhergeht. In Reviews zu hippocampalen Veränderungen wird eine pathologische Veränderung der Plastizität oder Neurogenese in Betracht gezogen (Harrison, 2004; Adriano et al., 2012). Auch Reif, Schmitt, Fritzen und Lesch (2007, S. 296) schließen aus einer Vielzahl unterschiedlicher Befunde auf eine mögliche Beeinträchtigung der adulten Neurogenese bei Schizophrenie und erwägen Bewegung als kostengünstige und nebenwirkungsfreie Ergänzung der Behandlung.

Trainingsreiz, Trainingshäufigkeit und Bewegung in der Freizeit Es bleibt die Frage offen, welchen Einfluss der eigentliche Ausdauertrainingsreiz im Rahmen des ganzen Spektrums an Einflüssen hatte. Liegt der Grund für die fehlende Volumenzunahme

in der Vielzahl nicht kontrollierbarer anderer Einflüsse oder liegt die Ursache im Trainingsreiz selbst? Das Ausdauertraining fand unter streng kontrollierten standardisierten Bedingungen und mit theoretisch gleichen Trainingsparametern für alle Teilnehmer statt, dennoch profitierten manche von diesem Training und andere nicht. Trainingsumfang (30 Minuten) und Trainingsintensität (Grundlagenausdauerbereich) waren für alle Probanden gleich ebenso wie das Trainingsgerät (Radergometer, s. Abschnitt 3.2.1). Bezüglich des Interventionsdesigns selbst unterschied sich der Trainingsreiz für die Probanden nur in der Trainingshäufigkeit, da 9 Fehltermine bei 36 Gesamtterminen erlaubt waren und nicht zum Ausschluss aus der Auswertung führten. In der Ausdauer-Patientengruppe ergaben sich hier geringe, aber statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen der Anwesenheit während der Intervention und den V3-Hippocampusvolumina für beide Seiten im Sinne von größeren Volumina bei höherer Anwesenheit bzw. Trainingshäufigkeit. In den anderen Gruppen bestand dieser Zusammenhang nicht. Durch die Trainingssteuerung über die Laktatkonzentration (Training bei ca. 2 mmol/l Laktatkonzentration) wurde die Intensität individuell an die Trainingsfortschritte angepasst, blieb aber immer im vorwiegend aeroben Stoffwechselbereich und damit in einem ähnlichen Bereich niedriger Intensität. Bei bekannten pathologischen Veränderungen von Mitochondrien im Zusammenhang mit Schizophrenie (s. o.) kann jedoch vermutet werden, dass 2 mmol/l Laktatkonzentration für die Patienten einen anderen Reiz bedeuten könnten als für die Gesunden, aber die Bewertung mittels der Borg-Skala für das Anstrengungsempfinden lag wiederum bei beiden Gruppen in einem ähnlichen Bereich (Schizophrenie Ausdauer: $10,9 \pm 1,6$; Gesunde Ausdauer: $10,6 \pm 1,8$, s. Tabelle 4.3). In beiden Ausdauergruppen reduzierte sich die Bewegungsaktivität in der Freizeit signifikant um 1 bis 2 Stunden pro Woche während der Interventionsphase. Ein Zusammenhang zwischen den Baseline-Aktivitätswerten und Hippocampusvolumina konnte zwar für diese Gruppen nicht belegt werden, die festgestellte Reduktion der Bewegungsaktivität in der Freizeit während der Interventionsphase ist aber dennoch als potentiell ursächlicher Faktor für ausbleibende Volumenzunahmen in Betracht zu ziehen.

Trennung von Bewegung und Kognition Als weiterer Erklärungsansatz muss die Art der Intervention kritisch analysiert werden. Das Radergometertraining wurde gewählt, weil es einfach zu betreuen, einfach durchzuführen sowie gut standardisierbar und messbar ist. Hierdurch fehlen aber im Vergleich zu anderen Studien (Erickson et al., 2011; Ten Brinke et al., 2014) Komponenten der körperlichen Bewegung wie koordinative Anforderungen, Veränderungen der Umgebung bei Fortbewegung und sensorischer Input, die normalerweise zu erwarten wären. Kempermann (2012, S. 700) stellt in einem allgemeinen Aufsatz über Gehirnfunktionen und Bewegungsaktivität die Verbindung her, dass ein Mehr an körperlicher Aktivität in unserer Vergangenheit und in der Tierwelt auch ein Mehr an „sensorischem Eingang“ und eine „größere Wahrscheinlichkeit von Situationen mit erhöhtem Bedarf an kognitiver Reaktion“ bedeutet. Radergometertraining ist jedoch eine Trainingsform mit Bewegung, aber kaum Kognition. Ein Erklärungsansatz für das Fehlen von Volumenzunahmen kann also auch sein, dass das Ausdauertraining entsprechend Kempermann (2012) über die Teilungsaktivität der Zellen ein verbessertes Potential für strukturelle Anpassungen an funktionelle Bedürfnisse darstellte, das aber nicht zwangsläufig genutzt wurde. „Sport wird seine größte Wirksamkeit im Gehirn derjenigen Menschen entfalten, die auch geistig aktiv sind“, folgerte Kempermann (2012,

S. 702). Auch der Trend, in kognitives Training Bewegung zu integrieren wie z. B. beim „Brainwalking“ (Boos, 2010, S. 103), geht in die Richtung, dass nur die Kombination körperlicher und geistiger Aktivität die volle Wirksamkeit entfaltet.

Kombination von Reizen In der Intervention wurde erst nur Ausdauertraining sozusagen als Startreiz absolviert und dann ab der 7. Interventionswoche durch computer-gestütztes kognitives Training ergänzt. Dieser zweite Reiz kann als Ansatz aufgefasst werden, angestoßene Prozesse – z. B. hinsichtlich vermehrter Zellproliferation im Hippocampus – mit einem Reiz zur funktionellen Einbindung neuer Neurone zu verbinden. Dies geschieht in Entsprechung zum Tiermodell, wo die körperliche Aktivität (voluntary exercise) die Proliferation von Progenitorzellen fördert und die reizreiche Haltung (enriched environment) das Überleben der neuen Zellen bestimmt (Olson, Eadie, Ernst & Christie, 2006). Ist zwei Mal wöchentliches kognitives Training an einem Computer aber mit dem enriched environment-Ansatz vergleichbar? Adaptationen im Sinne morphologischer, länger anhaltender Veränderungen folgen aus sportwissenschaftlicher Sicht auf Anforderungssituationen hin, denen der Organismus nicht adäquat gewachsen ist. Die Möglichkeit, dass Zellen nicht überleben, weil sich an den Lebensumständen der Probanden zu wenig ändert, muss als Erklärungsansatz für die fehlenden Volumenzunahmen in Betracht gezogen werden. Möglicherweise war auch die gewählte Form des kognitiven Trainings nicht wirkungsvoll. Es konnte gezeigt werden, dass die Ausdauertrainingsreize ausreichend für eine Steigerung der Ausdauerleistungsfähigkeit waren, nicht aber, dass sie eine messbare Veränderung beim Hippocampusvolumen bewirkten.

Interventionsdauer Die langen Studiendauern von 1 Jahr bei Erickson et al. (2011) und 6 Monaten bei Ten Brinke et al. (2014) mit positiven Studienergebnissen legen die Überlegung nahe, dass die 12-wöchige Interventionsphase zu kurz für die erwarteten Veränderungen war. Erickson et al. (2011) fanden bei gesunden, älteren Probanden zwischen 55 und 80 Jahren eine Volumensteigerung von ca. 2 % für den Hippocampus beider Seiten nach einer einjährigen Trainingsphase mit drei 40-minütigen Walking-Einheiten pro Woche, während sich in einer Gruppe mit Dehn-, Balance- und Kräftigungsübungen eine Verringerung um 1,4 % ergab. Scharhag-Rosenberger, Meyer, Walitzek und Kindermann (2009) untersuchten über den gleichen Zeitraum (1 Jahr) Trainingsadaptationen durch ein Ausdauertrainingsprogramm mit drei Einheiten pro Woche. Während sich die Steigerungen beim Parameter submaximale Herzfrequenz schon nach drei Monaten fast vollständig eingestellt hatten, wurden bei der maximalen Sauerstoffaufnahme und der maximalen Laufgeschwindigkeit nach drei Monaten erst ca. 50 % der Leistungsverbesserungen nach einem Jahr erreicht. Die Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit, mit denen eine Aussage über den Trainingserfolg getroffen werden soll, verändern sich also mit einer unterschiedlichen Zeitstruktur. Anpassungen des hippocampalen Volumens könnten wiederum einer anderen Zeitstruktur unterliegen.

Divergente Ergebnisse der Vorgängerstudie Das Nichteintreten einer Volumenzunahme widerspricht den früheren Ergebnissen der Studie „Exercise I“, einer Studie mit ähnlichem Design und kleiner Probandenzahl, die als Pilotstudie für das Projekt

„Exercise II“ fungierte (Pajonk et al., 2010). Hier wurden bei einer Gruppengröße von je 8 Probanden Volumenzunahmen von 12 % bei den ausdauertrainierenden Schizophreniepatienten und 16 % bei den gesunden Kontrollprobanden gemessen. Das Ausdauertraining war mit einer Trainingshäufigkeit von 3 Einheiten pro Woche und einer Trainingsdauer von 30 Minuten pro Einheit über einen Zeitraum von 12 Wochen sehr ähnlich zur jetzigen Studie gestaltet. Auch hier wurden Fahrradergometer genutzt, während sich ein Unterschied bei der Trainingssteuerung fand, die in der Studie von Pajonk et al. (2010) über die Herzfrequenz erreicht wurde. Trainiert wurde dabei in einem Bereich von ± 10 Schläge pro Minute der Herzfrequenz, die im Vortest bei einer Laktatkonzentration von 1,5 bis 2 mmol/l gemessen wurde. Der Intensitätsbereich ist somit aber entsprechend ähnlich. Eine naheliegende Erklärung für die abweichenden Studienergebnisse ist die kleine Probandenzahl. Chen et al. (2012) konnten die Ergebnisse der Studie von Pajonk et al. (2010) bezüglich der Volumenzunahme bei Schizophreniepatientinnen replizieren, wie die Präsentation vorläufiger Ergebnisse mit kleinen Probandenzahlen bei der 3rd Biennial Schizophrenia International Research Conference 2012 zeigte. Die zwei Jahre später mit größeren Probandenzahlen vorgestellten Ergebnisse berichten aber von signifikanten Dickenzunahmen des Gyrus frontalis superior und inferior, nicht mehr von Hippocampusvolumenzunahmen (Chen et al., 2014).

Negative Ergebnisse in der Literatur Scheewe et al. (2013) konnten in einer Studie mit halbjähriger Interventionsphase hingegen keine Volumenzunahmen erreichen. Die Intervention bestand aus 2 Einheiten pro Woche mit je 40 Minuten Training auf Cardio-Geräten (Fahrradergometer, Ruderergometer, Crosstrainer oder Laufband) und 20 Minuten Kräftigungsübungen. Allerdings galt die Beteiligung ab 50 % der Einheiten als ausreichend. Es konnte kein signifikanter Anstieg des Gehirnvolumens, des Hippocampusvolumens oder der kortikalen Dicke gefunden werden. Bei den Schizophreniepatienten kam es zu einem kleinen Abfall des Hippocampusvolumens. Es gab allerdings signifikante Korrelationen zwischen der Verbesserung der kardiorespiratorischen Fitness und den Volumensteigerungen bei den Patienten, der Abnahme der Ventrikelvolumina und der Zunahme der Kortexdicke in der linken Hemisphäre. Möglicherweise war hier der Trainingsreiz für manche Teilnehmer unerschwellig. Bezüglich negativer Ergebnisse in der Literatur muss eine mögliche Verzerrung durch einen Publikationsbias berücksichtigt werden.

Abschließende Bewertung und Umgang mit den Ergebnissen Die vermutete Existenz eines Zusammenhangs von Hippocampusvolumen und körperlicher Aktivität in Form von Ausdauertraining besteht weiterhin als gedankliches Konzept, auch wenn dieser Zusammenhang mit den aktuellen Daten nicht bewiesen werden konnte. Gerade mit den jetzt gewonnen negativen Erkenntnissen sollte mit spezifischer Diagnostik und variierenden Trainingskonzepten sowie einer Ausschaltung möglichst vieler anderer Einflussfaktoren dieser Forschungsfrage in zukünftigen Untersuchungen erneut auf den Grund gegangen werden. Wie der Ausblick in Kapitel 5.5 zeigen wird, existieren neben dem vermuteten Einfluss auf das Hippocampusvolumen aber auch zahlreiche weitere vielversprechende Ansätze für die künftige Forschung. Abschließend stellt sich die Frage, ob die Messung des Hippocampusvolumens überhaupt aussagekräftig für funktionelle Konsequenzen bei den Patienten ist. Sieht man die Verbesserung der Kognition

hinsichtlich hippocampusabhängiger Aufgaben als Zielparameter an, hat das Hippocampusvolumen in der Tat eine funktionelle Bedeutung (Kempermann et al., 1998; Andersen et al., 2007). Doch auch abseits von der Messbarkeit struktureller Veränderungen des Gehirns entsteht für die Patienten durch ein systematisches Ausdauertraining ein Nutzen. In dieser Studie sind hier die Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit und des psychosozialen Funktionsniveaus zu nennen.

5.4 Hypothesenprüfung

Mit der systematischen Beantwortung der in Kapitel 2.3 aufgestellten Hypothesen werden die Erkenntnisse zusammengefasst.

Hypothese 1: *Die Ausdauerleistungsfähigkeit der Schizophreniepatienten und gesunden Kontrollprobanden ist nach der Ausdauertrainingsintervention größer als zuvor; die Tischfußballintervention zeigt hier keine Wirkung. Diese Veränderungen lassen sich anhand der Leistung bei Abbruch des Maximaltests, der Leistung bei einer Herzfrequenz von 130 bzw. 150 Schlägen pro Minute als auch der Leistung bei einer Laktatkonzentration von 2 bzw. 3 mmol/l zeigen, nicht aber an einer Veränderung der maximal erreichten Sauerstoffaufnahme.*

Diese Hypothese hat sich bezüglich der signifikanten Steigerungen der Leistungen bei den Herzfrequenzen 130 und 150 und der maximal erbrachten Leistung bestätigt. Auch die signifikante Veränderung der Sauerstoffaufnahme blieb wie erwartet aus. Bezüglich der Steigerung der Leistung bei festgelegten Laktatkonzentrationen muss die Hypothese für die Ausdauer-Patientengruppe allerdings abgelehnt werden. Die Teilnahme an der Tischfußballintervention zeigte wie erwartet keine Wirkung bezüglich einer Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit.

Hypothese 2: *Die Patienten reagieren individuell unterschiedlich auf das Ausdauertraining.*

Die Darstellung der individuellen Veränderungen bestätigt durch ein heterogenes Erscheinungsbild diese Hypothese. Es gab Probanden, die in allen Variablen eine Steigerung erlebten und Probanden, die bei keiner der untersuchten Variablen eine Steigerung erfuhren, ebenso wie Probanden, die in einigen Variablen Steigerungen zeigten, in anderen aber Verringerungen.

Hypothese 3: *Der Ausgangszustand der Ausdauerleistungsfähigkeit der Patienten ist vor Aufnahme der Studienintervention geringer als bei den gesunden Kontrollprobanden.*

Diese Hypothese wurde durch den Vergleich der Ergebnisse der Voruntersuchungen von beiden Ausdauergruppen bestätigt. Es zeigte sich eine niedrigere Leistungsfähigkeit bei den Patienten, die bei der maximal erreichten Leistung statistisch signifikant war.

Hypothese 4: *Das Ausmaß der körperlichen Aktivität der Studienteilnehmer im Alltag außerhalb der Studienintervention korreliert mit der Ausprägung ihrer Ausdauerleistungsfähigkeit.*

Diese Hypothese konnte mit den angewandten Methoden der Bewegungsanamnesege-spräche nicht eindeutig bestätigt werden. Sehr geringe bis geringe statistisch signifikante Korrelationen können jedoch als möglicher Hinweis auf die Existenz eines schwachen Zusammenhangs interpretiert werden.

Hypothese 5: *Das Training der Intervention ist trotz Medikation und persistierender Symptomatik durchführbar, allerdings muss es in akuten Phasen der Erkrankung unterbrochen werden.*

Anhand der hohen Trainingsbeteiligung und der niedrigen Dropoutrate hat sich diese Hypothese bestätigt. Abbrüche und Unterbrechungen wurden aufgrund des episodischen Erkrankungscharakters in einigen Fällen notwendig. Die Intervention war somit besser geeignet für Patienten mit stabiler Psychopathologie in ambulanter Behandlung.

Hypothese 6: *Die Interventionen werden von den Patienten gut angenommen und es besteht das Interesse an einer Fortführung eines Sportangebots.*

Die Bestätigung dieser Hypothese erfolgte durch die hohe Trainingsbeteiligung und die positiven Bewertungen der Intervention durch die Patienten. Die Mehrheit der Patienten der Ausdauergruppe äußerte im Fragebogen zudem das Interesse, an zukünftigen sporttherapeutischen Angeboten teilzunehmen.

Hypothese 7: *Trotz der Durchführbarkeit und Akzeptanz durch die Patienten und deren Wunsch, nach Abschluss der Intervention eigenverantwortlich mehr Bewegung in das Alltagsleben zu integrieren, gelingt dies nicht in einem trainingswirksamen Umfang, sodass die Ausdauerleistungsfähigkeit bei den Nachuntersuchungen nach 3- und 9-monatiger Pause wieder geringer ausfällt als direkt nach Trainingsende.*

Diese Hypothese hat sich nicht für alle, aber für die Mehrheit der Teilnehmer als richtig erwiesen. Die Mittelwerte der Variablen der Ausdauerleistungsfähigkeit fielen bei V 4 und V 5 wieder geringer als bei V 3 aus. Bei der Ausdauer-Patientengruppe war diese Reduktion allerdings nur bei einer Variablen (*PWC170*) statistisch signifikant. Zwei Probanden konnten entgegen der Vermutung den Ausdauertrainingsreiz der Intervention eigenorganisiert aufrecht erhalten, wobei eine hohe eigene Motivation und günstige Rahmenbedingungen als Ursache vermutet werden.

Hypothese 8: *Es finden im Rahmen des Ausdauertrainings Veränderungen auf cerebraler Ebene statt, die sich u.a. als eine Zunahme des Hippocampusvolumens äußern. Die Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit korreliert mit einer Zunahme des Hippocampusvolumens.*

Diese Hypothese muss bezüglich des Hippocampusvolumens ablehnt werden. Signifikante Volumenzunahmen im Vergleich von V 1 und V 3 waren mit der angewandten Untersuchungsmethode bei keiner Gruppe weder auf der rechten noch auf der linken Seite feststellbar.

Hypothese 9: *Das Hippocampusvolumen der Patienten ist vor Aufnahme der Studienintervention geringer als bei den gesunden Kontrollprobanden und korreliert mit der Bewegungsaktivität vor Beginn der Intervention.*

Diese Hypothese konnte nicht uneingeschränkt bestätigt werden. Trotz der durchschnittlich 4 % kleineren Hippocampi der Patienten erreichten die Gruppenunterschiede keine statistische Signifikanz. Statistisch signifikante Zusammenhänge der in den Bewegungsanamnesegesprächen erhobenen Aktivitätsdaten mit den hippocampalen Volumina ergaben sich nur für die Tischfußballgruppe, sodass sich dieser Teil der Hypothese nur für eine der drei Interventionsgruppen bestätigte, für die Gesamtheit aller Probanden aber abgelehnt werden muss.

Hypothese 10: *Das psychosoziale Funktionsniveau der Patienten verbessert sich im Rahmen der Intervention. Die Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit korreliert mit einer Zunahme des psychosozialen Funktionsniveaus.*

Diese Hypothese bestätigte sich aufgrund statistisch signifikanter Zunahmen des Global Assessment of Functioning-Scores und statistisch signifikanten, geringen, positiven Korrelationen zur Ausdauerleistungsfähigkeit nur für die Ausdauer-Patientengruppe.

5.5 Ausblick auf mögliche durch andere Arbeitsbereiche und zukünftige Forschung zu überprüfende Trainingswirkungen

Kenntnisse über Trainingswirkungen und ätiologische Aspekte der Schizophrenie ermöglichen die Entstehung weiterer Hypothesen zur Wirkungsweise von Ausdauertraining und Tischfußballspielen bei Schizophreniepatienten. So lassen sich gedankliche Bezüge zu weiteren zu erwartenden und zu untersuchenden Trainingseffekten auf verschiedene Strukturen des Gehirns herstellen. Andererseits fallen aber auch viele Wissenslücken auf, die es unmöglich machen, den Einfluss peripherer Muskelaktivität auf das zentrale Nervensystem (ZNS) bereits bis ins Detail zu verstehen.

Die Weiterentwicklung von Untersuchungsmethoden des Gehirns beim lebenden Menschen wird zu neuen Erkenntnissen beitragen. Auffälligkeiten der weißen Substanz und eine gestörte Konnektivität konnten bei Schizophreniepatienten mittels Diffusions-Tensor-Bildgebung (DTI) gezeigt werden (Gur et al., 2007; Ellison-Wright & Bullmore, 2009; Fitzsimmons et al., 2013). Traktographie-Verfahren liefern Hinweise auf zahlreiche betroffene Nervenfaserbündel (Fitzsimmons et al., 2013). Tseng et al. (2013) fanden Zusammenhänge zwischen der Integrität der weißen Substanz und körperlicher Aktivität. Es ist zu vermuten, dass die Intervention der Studie „Exercise II“ auch einen Einfluss auf die weiße Substanz und Konnektivität hatte. Wenn man davon ausgeht, dass ein Netzwerk betroffener Gehirnregionen mit den Funktionsstörungen in Verbindung steht, sind weitere Funde von Unterschieden zwischen Patienten und gesunden Kontrollprobanden aus den Studienergebnissen zu erwarten (Ross et al., 2006, S. 141). So lassen

sich auch neue Zielbereiche von körperlicher Aktivität auf bestimmte Gehirnregionen ausmachen und das Interessengebiet weiter ausdehnen, nachdem hier zunächst eine Fokussierung auf den Hippocampus mit zentraler Bedeutung für die Pathogenese der Schizophrenie stattgefunden hat. Beispielsweise fanden Goghari, Lang, Flynn, MacKay und Honer (2005) strukturelle Veränderungen in verschiedenen Regionen des Corpus callosum, die hauptsächlich motorische Nervenfasern enthalten.

Der Rückbezug zu den Ergebnissen der Vorgängerstudie (Pajonk et al., 2010) lässt Veränderungen im Bereich des Gehirnstoffwechsels erwarten. Auch scheint es plausibel, dass periphere Stoffwechseleränderungen Auswirkungen auf den Gehirnstoffwechsel haben können, wobei allerdings die Blut-Hirn-Schranke zu berücksichtigen bleibt. Vaynman, Ying, Wu und Gomez-Pinilla (2006) fanden Hinweise zum Zusammenhang von Energiestoffwechsel und synaptischer Plastizität im Hippocampus, indem sie u. a. eine erhöhte Expression eines mitochondrialen Transportproteins (mitochondrial uncoupling protein 2, UCP2) bei körperlicher Aktivität nachweisen konnten. Die Aufklärung der Wirkungszusammenhänge findet also anhand vieler Detailergebnisse statt, die zu einem Verständnis des großen Zusammenspiels verschiedener Systeme zusammengesetzt werden müssen (Lista & Sorrentino, 2010). Dies gilt auch für die vielfältigen Einflüsse von körperlicher Aktivität auf Neurotransmittersysteme. Durch Bewegung ausgelöste Gehirnstoffwechseleränderungen und Veränderungen der Transmittersysteme könnten bei der Behandlung von Schizophrenie hilfreich sein.

Spannend ist die Frage, ob aus diesen Veränderungen funktionelle Konsequenzen erwachsen. Auswertungen von fMRT-Daten lassen Hinweise auf funktionelle Veränderungen bei Schizophreniepatienten durch körperliche Aktivität erwarten.

Die umfangreiche Diagnostik der kognitiven Leistungsfähigkeit, die anderenorts publiziert wird, ermöglicht es, Veränderungen in verschiedenen, bei Schizophrenie von Einschränkungen betroffenen Bereichen des Denkens festzustellen. Die kognitiven Defizite wurden auch bereits aus dem Vergleich der Ergebnisse des kognitiven Trainings von Patienten und Gesunden deutlich. Ergebnisse aus bisherigen Studien liegen nur wenige vor, diese deuten aber auf die Möglichkeit der Verbesserung der kognitiven Leistungsfähigkeit durch gezielte körperliche Aktivität hin. Pajonk et al. (2010) konnten Verbesserungen bei Parametern des Kurzzeitgedächtnisses nach einer sehr ähnlichen Ausdauerintervention finden und Oertel-Knöchel et al. (2014) zeigten signifikante Verbesserungen der Verarbeitungsgeschwindigkeit, des Arbeitsgedächtnisses und des visuellen Lernens mit einer Intervention aus aerobem Training mit Box- und Stepelementen und Zirkeltraining in der Kombination mit einem vorgeschalteten kognitiven Training. Auch die zahlreicheren Studien zum Einsatz von körperlicher Aktivität bei älteren Menschen und Alzheimerkrankheit unterstützen die Annahme eines Zusammenhangs von Kognition und körperlicher Aktivität (Flöel et al., 2010; Kaliman et al., 2011; Erickson et al., 2012).

Ein therapeutisch schwer beeinflussbarer Bereich der Schizophrenie ist die Negativsymptomatik. Lassen sich hier mit Sport Änderungen herbeiführen? Die Auswertung der diagnostischen Gespräche zwischen Studienärzten und Patienten wird an anderer Stelle publiziert und gibt z. B. anhand der Skala für positives und negatives Syndrom (PAN-SS) Aufschluss über Veränderungen in einzelnen Symptom-Bereichen, wie „soziale

Passivität und Apathie“ oder Angst und Depression (Kay et al., 1987, S. 266). Gerade für die Bereiche Angst und Depression sollten positive Veränderungen zu erwarten sein, wenn eine Übertragbarkeit des Benefits bei Depressionen und Angsterkrankungen existieren sollte (Broocks et al., 1997; Broocks & Sommer, 2005; Stathopoulou et al., 2006; Knöchel et al., 2012).

Die Auswertung der Blutproben hinsichtlich der Konzentrationen von Wachstumsfaktoren und genetischer Analysen kann Ergebnisse zu den zugrundeliegenden Wirkmechanismen bringen. Spannend ist, ob bei den Patienten ähnliche Veränderungen nachgewiesen werden können, wie sie z. B. für BDNF bei Gesunden angenommen werden (Huang et al., 2014).

Im Rahmen der Prävention oder Therapie von Übergewicht hatte die Intervention keinerlei nennenswerte Auswirkungen, was bei dem geringen Energieverbrauch bei nur 30 Minuten moderatem Ergometertraining auch nicht verwundert. Auf zusätzlich erforderliche Maßnahmen der Ernährungsberatung wurde verzichtet, da die Gewichtsreduktion nicht vordringliches Ziel der Intervention war. Letztlich ist auch nicht auszuschließen, dass es zu einer geringen Zunahme der Muskelmasse durch die Intervention kam. Hier fehlen genauere adäquate Messmethoden zur Untersuchung der Körperzusammensetzung und auch zur exakteren Bestimmung der Körpermasse, da das Wiegen mit Kleidung und Schuhen durchgeführt wurde und so auch von der nach Jahreszeit und Mode schwankenden Masse von Kleidung und Schuhen abhängig war. Grundsätzlich aber kann der Einsatz von Sportprogrammen zur Gewichtsreduktion wirksam sein und die Kombination von Bewegung und Diät ist wirkungsvoller als eine Diät allein (Shaw, Gennat, O'Rourke & Del Mar, 2006). Der Zusammenhang von Bewegung, Übergewicht und metabolischen Erkrankungen bei Schizophreniepatienten wird bei Vancampfort, Sweers et al. (2011); Vancampfort, Probst, Sweers et al. (2011); Vancampfort et al. (2013) näher untersucht. Das Zusammenwirken von körperlicher Aktivität und anderen Lifestyle-Faktoren sollte ein Bereich weiterer Forschung sein (Lista & Sorrentino, 2010, S. 499).

Wie die Analyse des Forschungsstandes gezeigt hat, herrscht eine große Heterogenität bezüglich des Einsatzes von Interventionsformen, systematische Untersuchungen existieren nur für den Vergleich von Yoga- und Sportgruppen (Behere et al., 2011; Varambally et al., 2012). Gerade koordinativ anspruchsvolle Bewegungsformen wie das Tischfußballspielen, das für einen Teil der Patienten eine neu zu erlernende motorische Aufgabe darstellte, lassen Veränderungen im Gehirn erwarten. Beim gesunden Menschen erzeugte das Erlernen des Jonglierens kortikale Zunahmen der grauen Substanz (Harding, Paul & Mendl, 2004). Dies kann beispielsweise mit Ratten verglichen werden, die im Tiermodell beim Erlernen akrobatischer Übungen eine erhöhte Anzahl an Synapsen im Kortex des Cerebellums bildeten (Black, Isaacs, Anderson, Alcantara & Greenough, 1990). Bei den im Laufrad oder auf dem Laufband trainierenden Ratten konnten diese Veränderungen nicht beobachtet werden, wohl aber eine erhöhte Dichte an Blutgefäßen im Cortex cerebelli (Black et al., 1990). Dies zeigt die unterschiedlichen Wirkungsweisen verschiedener Bewegungsformen oder Sportarten auf, die im Bezug auf die Wirksamkeit bei Schizophrenie einer systematischen Erforschung in Zukunft bedürfen.

Weitere Forschungsthemen, die mit der vorliegenden Studie nicht behandelt werden konnten, sind die Vaskularisation des Gehirns im Zusammenhang mit körperlicher Aktivität, die Beteiligung von intrazellulären Signal- und Stoffwechselwegen und die Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf Wohlbefinden, Lebensqualität, Rückfallrate und Mortalität bei Schizophrenie.

Das Ziel künftiger Forschung ist das zunehmende Verständnis für die Zusammenhänge der Organsysteme, die gegenseitige Beeinflussung von Peripherie und ZNS und die Einordnung von zellulären und molekularen Erkenntnissen in die komplexen Wirkungen von Bewegung auf die menschliche Gesundheit.

5.6 Schlussfolgerungen für die Entwicklung eines Sport- und Bewegungstherapiemodells

Ausgehend von den bestätigten Hypothesen zur Durchführbarkeit und Akzeptanz der Studienintervention wird die Erprobung eines sport- und bewegungstherapeutischen Modells für Schizophreniepatienten als sinnvoll erachtet. Neben dem bereits diskutierten Nutzen ist auch der Wunsch der Patienten nach einer Fortführung des in der Intervention begonnenen Sportprogramms ein Grund für die Befürwortung (Hypothese 6). In den Fragebögen äußerten 60 % der Ausdauer-Patientengruppe den Wunsch, an zukünftigen sporttherapeutischen Angeboten teilzunehmen, und 20 % konnten sich zum Umfragezeitpunkt nicht entscheiden, ob sie teilnehmen wollten. Der erwartete Zusammenhang, dass zwar Interesse an der Weiterführung sportlicher Aktivität bestände, aber eine eigenorganisierte Sportausübung langfristig nicht umgesetzt würde, bestätigte sich mit zwei Ausnahmen (Hypothese 7). Das heißt, dass für über 80 % der Interessenten eine zusätzliche Hilfestellung bei der Weiterführung eines Sportprogramms notwendig gewesen wäre. Günstig für die eigenständige Fortführung scheint neben einer hohen eigenen Motivation die Unterstützung durch einen Trainingspartner oder Betreuer zu sein. Ein Hindernis stellen fehlende finanzielle Mittel für die Nutzung kommerzieller Angebote wie Fitnessstudios dar, das über eine ärztliche Verordnung von speziellen Sportmaßnahmen als Teil der Therapie überwunden werden könnte.

Veränderungen des Lebensstils sind für viele Menschen eine schwierige und langwierige Aufgabe. Hasnain, Victor und Vieweg (2011, S. 409) stellten die Schwierigkeiten, einen gesunden Lebensstil anzunehmen zusätzlich für Schizophreniepatienten dar:

„Adapting a healthful lifestyle is a process that involves appreciation of its importance, motivation to plan a change, and physical, psychological and material resources to adhere to the plan. Patients with schizophrenia are at a disadvantage at each step of this process“.

Nach Schüle und Huber (2012, S. 4) zeichnet sich gerade Sporttherapie „als hervorragender Lernort, der geeignet ist, einen gesundheitsorientierten Lebensstil zu vermitteln“ aus. Bei einer Umfrage mit Patienten (71 % Erkrankung aus dem schizophrenen Formenkreis, 15 % affektive Psychose) ermittelten Archie et al. (2007) unter Nutzung des

Transtheoretischen Modells, dass 54 % der untersuchten Patienten zu Veränderungen hinsichtlich der Bewegungsaktivität bereit waren. Zu einer optimistischeren Einschätzung führen auch die Ergebnisse von Beebe et al. (2012, 2013): Zum einen konnten die positive Effekte eines Motivationsprogrammes auf die Sportpartizipation in einer Schizophreniestudie gezeigt werden. Zum anderen wurde die höhere Alltagsaktivität von Teilnehmern an einem Sportprogramm 18 Monate nach dessen Ende mit Pedometern bewiesen. Das Erreichen von einer erhöhten körperlichen Aktivität und einer langfristigen Sportpartizipation funktioniert nicht von allein, sondern bedarf besonderer Angebote und einer unterstützenden Betreuung über einen langen Zeitraum. Dann allerdings besteht die begründete Hoffnung, dass ein größerer Anteil als 10 % der Patienten einer Studienintervention den Sprung in ein aktiveres Leben schaffen werden.

Was kann man aus der Studienintervention für zukünftige Angebote lernen? Zunächst einmal hat sich gezeigt, dass die gewählten Interventionsformen innerhalb einer 12-wöchigen Studie durchführbar waren (Hypothese 5). Das Radergometertraining eignet sich dabei besonders gut für die Durchführung einer Studienintervention (Malchow et al., 2013, S. 456). Für länger andauernde Programme sollte jedoch eine Variation der Trainingsmethoden und -mittel stattfinden, um Monotonie zu vermeiden. Hierfür eignen sich andere Geräte wie Laufbänder, Ruderergometer und Crosstrainer sowie andere Fortbewegungsformen wie Walking oder Laufen, die auch draußen ausgeführt werden können. Das Ausdauertraining bietet verschiedene Trainingsmethoden, sodass die in der Studienintervention durchgeführte kontinuierliche Dauermethode um die variable Dauermethode ergänzt werden kann (Hottenrott & Neumann, 2008, S. 113). Auch andere Trainingsformen mit Ausdauertrainingsreizen wie Inlineskating, Aquajogging, Skilanglauf, Schwimmen und manche Sportspiele sind zur Abwechslung geeignet. Trainingsprinzipien, z. B. das „Prinzip der Steigerung der Trainingsbelastung“, sollten die Grundlage der Trainingsgestaltung bilden (Schnabel et al., 2011, S. 264). In einem langfristigen Trainingsprogramm sollte nicht ausschließlich Ausdauertraining durchgeführt werden, sondern es sollten auch Kräftigungs-, Koordinations- und Beweglichkeitsübungen einbezogen werden (Pollock et al., 1998; Garber et al., 2011). Sport- und Bewegungstherapie ist mehrdimensional, wie auch die Analyse möglicher Wirkungen von Sport auf unterschiedlichen Ebenen in Kapitel 2.1 gezeigt hat. Trotz Ausdauerschwerpunkt kann es sinnvoll sein, psychosoziale und pädagogische Effekte durch einen ganzheitlichen Ansatz zu nutzen (Schüle & Huber, 2012).

Einige Aspekte haben sich bei der Studiendurchführung bewährt und können auch in weiterführenden Maßnahmen aufrecht erhalten werden. Wesentliche Aspekte sind die regelmäßige Durchführung, eine individualisierbare Intensität, eine kontrollierte Durchführung, eine kontinuierliche Betreuung, eine positive Ansprache und eine geschützte Gruppe mit einer angstfreien Atmosphäre. Bedeutend für das Gelingen ist sicherlich die Orientierung an der Leistungsfähigkeit des Teilnehmers zur Schaffung bewältigbarer Anforderungen und zur Vermeidung von Überforderung. Um dies zu garantieren, ist die Durchführung von leistungsdiagnostischen Untersuchungen vor Aufnahme des Trainings äußerst empfehlenswert. Von zentraler Bedeutung war auch der Dialog mit den Studienteilnehmern. Ein ernsthafter, klarer und sorgfältiger Umgang mit den Regeln und Terminen der Studie von Seiten des Personals schaffen die Grundlage, dass die Termine auch von den Teilnehmern als wichtig und verpflichtend angesehen

werden. Eine Unterstützung von ärztlicher Seite ist hier sicher hilfreich. Ähnlich wie auch die anderen therapeutischen Angebote (Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde, 2006; Robert Koch-Institut, 2010) sollten auch die Sportangebote möglichst wohnortnah angeboten werden, was sich als Schwierigkeit bei der Studiendurchführung an einem zentralen Ort darstellte.

Aus der Analyse der 58 verschiedenen Arzneistoffe der Studienteilnehmer, wovon bei 38 eine Wirkung auf das Herz-Kreislauf-System vorliegen könnte, ist abzuleiten, dass die häufig eingesetzte Steuerung der Trainingsintensität über die Herzfrequenz bei dieser Patientengruppe modifiziert werden muss (s. Tabelle 4.25). Soll die Steuerung über die Herzfrequenz erfolgen, muss eine leistungsdiagnostische Untersuchung individuelle Daten liefern, um mögliche Trainingsherzfrequenzen festzulegen. Bei einem sehr gering ausgeprägten Herzfrequenzanstieg in der Belastungsuntersuchung (s. exemplarisch Abbildung A.20) kann auch dies unter Umständen Schwierigkeiten bereiten. Eine Alternative stellt die Steuerung der Trainingsintensität über die Laktatkonzentration dar, die allerdings einiger Kontrolllaktatmessungen von geschultem Personal bedarf, wohingegen Herzfrequenzmessgeräte nach einer Einführung vom Patienten selbstständig genutzt werden könnten. Wie sich anhand der Gruppenmittelwerte der Studienintervention zeigen ließ, liegt sowohl die durchschnittliche als auch die im Training maximal erreichte Herzfrequenz der Patienten ca. 4 Schläge unter den Werten der gesunden Kontrollgruppe. Eine pauschale Übertragung von Trainingsempfehlungen für gesunde Trainierende auf die Gruppe der Schizophreniepatienten sollte nicht vorgenommen werden, die Trainingsherzfrequenz sollte aufgrund der interindividuellen Unterschiede und der Medikation individuell angepasst und dabei tendenziell niedriger als bei Gesunden angesetzt werden. Zur Nutzung der Sauerstoffaufnahme als Maß zur Trainingssteuerung liefern Scharhag-Rosenberger, Meyer, Gäßler, Faude und Kindermann (2010) interessante Daten: Bei 21 gesunden Probanden war eine hohe Variabilität der Laktatkonzentrationen, also sehr unterschiedliche Stoffwechselsituationen beim Training bei vorgegebener prozentualer maximaler Sauerstoffaufnahme feststellbar, sodass die Autoren von einer alleinigen Nutzung dieser Steuerungsmöglichkeit abraten. Vor- und Nachteile verschiedener Parameter zur Festlegung von Trainingsintensitäten finden sich im Review von Mann et al. (2013). Dass nicht pauschale, für eine ganze Patientengruppe gültige Angaben gemacht werden können, betrifft auch z. B. die Festlegung von minimal nötigen Dosierungen von körperlicher Aktivität. Einen großen Einfluss hat auch hier die individuelle Leistungsfähigkeit vor Trainingsbeginn. Größtmöglicher Nutzen für die Trainierenden ist bei einer Individualisierung des Trainingskonzeptes zu erwarten, was auch als Trainingsprinzip im Leistungssport eingesetzt wird. Für allgemeine Empfehlungen kann auf Israel (1979); Warburton, Katzmarzyk, Rhodes und Shephard (2007); Warburton et al. (2010); World Health Organization (2010); Garber et al. (2011); Wen et al. (2011) zurückgegriffen werden.

In der Studienintervention konnten keine edukativen Hinweise zur Unterstützung des Verständnisses (Verstehbarkeit) der Wirkungen von körperlicher Aktivität und der Übertragbarkeit in den Alltag oder Anregungen zur selbsttätigen Sportausübung gegeben werden, was aber Teil eines therapeutischen Sport- oder Bewegungsangebots sein sollte. Auch ein verstärktes positives Feedback und erreichbare Zwischenziele sind ratsam, konnten aber in der Intervention aufgrund des Studiendesigns nicht berücksichtigt

werden. Einige weitere Aspekte, die zur Förderung der Motivation beitragen könnten, blieben in der Studienintervention ungenutzt. Die individuellen Gründe, Sport zu treiben, können ganz unterschiedlich sein, neben einer gesundheitsorientierten Motivation können auch Geselligkeit oder das Erleben der Natur zum Sporttreiben motivieren. Gruppendynamische Prozesse konnten mit der aktuellen Studie nicht untersucht werden und sollten ein Thema weiterführender Forschung sein.

Hinweise auf mögliche Schwierigkeiten bzw. förderliche Gegebenheiten finden sich vereinzelt auch in der Literatur: Marzolini et al. (2009) untersuchten in ihrer Sportstudie mit Schizophreniepatienten auch die Hinderungsgründe für eine Teilnahme an ihrer Intervention und geben damit Hinweise auf mögliche Hindernisse für Schizophreniepatienten. Neben unbekannten Gründen waren die häufigsten Ursachen für die Nichtteilnahme an einer Trainingseinheit gesundheitliche Gründe (z. B. stationärer Aufenthalt oder Unwohlsein), Abwesenheit vom Studienort oder Familienbesuch und Arzttermine (Marzolini et al., 2009, S. 33). Die Zusammenarbeit mit Ärzten zur Versorgung medizinischer Probleme könnte für die Durchführung eines Sportprogramms hiernach und nach Erfahrungen aus der aktuellen Studie hilfreich sein. In diesem Zusammenhang sollte sichergestellt sein, dass die Patienten auch eine Voruntersuchung zur Sporttauglichkeit erhalten haben, bevor mit der Aufnahme eines Trainings begonnen wird. Dodd et al. (2011) untersuchten die Durchführbarkeit eines Trainingsprogramms bei 8 schwer und chronisch erkrankten Schizophreniepatienten. Erklärungen für die Nichtteilnahme waren auch hier nicht genauer benannte Gründe sowie gesundheitliche Gründe und das Zusammentreffen von Trainings- und Feiertagen. Das Personal machte Beobachtungen zum Verhalten der Patienten, die von Genuss bis zu Aggression und Agitiertheit reichten, und entwickelte Strategien, die Einhaltung der Intervention (Adhärenz) zu steigern. Hieraus lässt sich als wesentlicher Faktor die Art des Einstiegs oder Übergangs in Sportprogramme identifizieren. Dieser sollte mit kontinuierlichen Ansprechpartnern, Hilfe bei der Überwindung örtlicher Hürden (Autotransport) und schrittweiser Steigerung der Anforderungen (Gewöhnungsphase) vollzogen werden (Dodd et al., 2011, S. 1227). In einem systematischen Literaturreview stellen P. Bernard et al. (2013) sowohl Hindernisse, als auch begünstigende Faktoren für die Ausübung körperlicher Aktivität von Schizophreniepatienten sowie Ergebnisse zur Wirksamkeit von Motivationsprogrammen zusammen. Als Hindernisse werden das Empfinden von Müdigkeit, die Symptome der Schizophrenie, ein erhöhter Grad an Ängstlichkeit und Depression, Gewichtszunahme durch Antipsychotika, ein geringes Bildungsniveau, geringe Vorerfahrungen mit Sport und wenig soziale Kontakte genannt. Die im Review untersuchten Studien zeigten bei Schizophreniepatienten ein geringeres Motivationsniveau als bei Gesunden. Als potentiell förderlich gelten Vorerfahrungen im Bereich Sport, Erfolgserlebnisse und das Gefühl von Kontrolle bei der körperlichen Aktivität, die Integration eines sozialen Aspekts durch Bewegungsangebote in der Gruppe, der freie Zugang zu Sportstätten in Pflege-Einrichtungen oder die Ausübung von einfach durchführbaren Aktivitäten wie Gehen, die professionelle Anleitung und Begleitung von Bewegungsaktivitäten oder die Verordnung durch einen Arzt und die Durchführung von Motivationsprogrammen (P. Bernard et al., 2013, S. 248ff).

Von einer Verschreibung von Bewegung („exercise prescription“) spricht im Zusammenhang mit den positiven Effekten auf das Gehirn bei Schizophrenie auch Honer (Johnson,

2014), der an der Durchführung der Pilotstudie „Exercise I“ beteiligt war. Der Blick in das Forum von „schizophrenia.com“ zeigt die online geposteten Reaktionen der Patienten auf diese geäußerten positiven Effekte von körperlicher Aktivität bei Schizophrenie:

„This is good news. I try to run a few times a week or do the exercise path. It keeps me from feeling sore from my meds too.“ (Forumnutzer metime am 02.05.2014 auf Schizophrenia.com, 2014)

„That is very interesting stuff. I had no idea that exercise can do this – I am going to push myself even further, making more of an effort to exercise, at least a few times a week, I am lazy when it comes to exercising.“ (Forumnutzer Wave, 02.05.2014 auf Schizophrenia.com, 2014)

„I know exercise makes me feel better and can pull me out of a depression. I can also calm me down if I'm getting too wound up. Sometimes I'm just physically tired enough that I don't have a panic attack or anxiety. I had no idea it regenerated the brain. Very cool.“ (Forumnutzer SurprisedJ, 02.05.2014 auf Schizophrenia.com, 2014)

„I tried jogging, but I wasn't as cognitive as I am now, and I would get lost a few blocks from our apartment and then I would have to beg the coffee shop to let me borrow the phone so I could call my sis to come find me. So she started taking me to the running track by the high school when school wasn't in session. That was nice... it was level ground so I didn't keep tripping, it was cushioned so it felt nice, I didn't get lost. I'm 6'4" and all knees and elbows. My sis ran with me so I didn't look like an uncoordinated spaz out there.“ (Forumnutzer SurprisedJ, 03.05.2014 auf Schizophrenia.com, 2014)

Aus diesen Äußerungen wird deutlich, dass die Patienten überrascht und erfreut über den Nachweis der positiven Effekte sind, aber auch, dass sie für sich selbst sowohl positive Effekte als auch Hindernisse körperlich aktiv zu sein kennen. Schließlich zeigen die Kommentare, dass bei den beispielhaft zitierten Patienten eine Bereitschaft für die Aufnahme eines Sport- oder Bewegungsprogramms besteht, aber eine Unterstützung bei der Durchführung hilfreich wäre.

Ein wesentlicher Grund für die Dropouts innerhalb der Studienintervention war der Wechsel von einer ambulanten Therapie in eine stationäre Behandlung. Daher sollte ein langfristiges Modell auf den episodischen Charakter der Erkrankung vorbereitet sein und eine phasenspezifische Durchführung bereithalten, um zu vermeiden, dass es im Verlauf der Erkrankung immer wieder zu Sportabbrüchen kommt. Ein Sportprogramm im stationären Bereich sollte auf die besonderen Bedingungen abgestimmt sein und explizit erprobt werden. Bei Kubesch und Spitzer (1999) wurde ein mehrphasiges Modell bereits eingesetzt: Dabei bestand die erste Phase aus einem Sportangebot während des Klinikaufenthaltes, an dem die Patienten in der zweiten Phase auch nach Abschluss der stationären Behandlung weiterhin teilnehmen durften. Als dritte Phase schlossen sich selbstorganisierte Gruppen oder die Teilnahme am Vereinssport an. Neben der Gliederung in verschiedene, aufeinander abgestimmte Phasen sollte für einen nahtlosen Übergang den Schnittstellen besondere Aufmerksamkeit zukommen, da diese in der therapeutischen Versorgung grundsätzlich eine Herausforderung darstellen (Robert

Koch-Institut, 2010, S. 25). Laut Robert Koch-Institut (2010) befinden sich 93 % der Schizophreniepatienten in ambulanter Behandlung, sodass hier die meisten Interessenten für die Teilnahme an zukünftigen Sportangeboten zu erwarten sind. Es müssen für diese Patienten Möglichkeiten geschaffen werden, unter den oben genannten Bedingungen an einem kostenlosen und speziell auf die Erkrankung ausgerichteten Sportprogramm teilzunehmen. Hierfür sei als exemplarische Lösung die Einführung von Gruppen des Rehabilitationssports genannt. Innerhalb des Rehasports existiert bereits ein Profil für den Bereich Psychiatrie, in dem z. B. Übungsleiter speziell ausgebildet werden, es finden sich aber nur sehr wenige Rehasportgruppen für den Bereich Psychiatrie und auch die Möglichkeit der Verordnung von Rehabilitationssport für Patienten mit psychischen Erkrankungen scheint wenig bekannt zu sein. Im Anhang findet sich die Stundenplanung zu einer Rehasporteinheit, die eine Weiterführung der Trainingsreize aus der Studienintervention zum Ziel hatte (s. Stundenplanung im Anhang S. 210ff). Eine Erprobung mit gesunden Teilnehmern fand bereits statt; eine Erprobung mit Patienten ist ebenso wie die Etablierung einer Rehasportgruppe für die Zukunft geplant.

Was ist zu tun, um auf eine Implementierung von Sportangeboten in die Versorgung hinzuwirken? Zur Einführung vermehrter passender Sportangebote für Schizophreniepatienten können verschiedene Gruppen beitragen:

- Interessierte Patienten können das Bedürfnis nach Bewegungsangeboten äußern und die Ärzte auf Möglichkeiten der Verordnung ansprechen.
- Kliniken können ihr Sportangebot während der stationären Aufenthalte verstärken, in Zusammenarbeit mit Sport- und Trainingswissenschaftlern verbessern und das Sportangebot auch für ambulante Patienten zugänglich machen. Ärzte können ihre Patienten auf mögliche Vorteile von Bewegung und spezielle Angebote aufmerksam machen, individuell beraten und Sport als Bestandteil der Rehabilitation verordnen.
- Sporttherapeuten, Trainer und Übungsleiter können ihr Angebot im Bereich Psychiatrie erweitern. Rehabilitätseinrichtungen, Gesundheitszentren, Rehasportvereine und Sportvereine, Volkshochschulen sowie Fitnesscenter können neue Gruppen für Patienten einrichten.
- Krankenkassen können als Kostenträger günstige Bedingungen zur finanziellen Entlastung der Patienten schaffen.
- Forscher aller Disziplinen können die genauen Zusammenhänge des gesundheitsförderlichen Effekts von Sport weiter aufklären, um den Beweis der Wirksamkeit auszubauen.
- Die Gesellschaft kann die Teilnahme von psychisch erkrankten Menschen am bereits existierenden Sportprogramm unterstützen, wozu auch der Abbau von Stigmatisierung und Diskriminierung gehört.

Die Erstellung eines Modells kann auf der Basis bisheriger Forschungsansätze sowie den Ergebnissen der aktuellen Studie vorgenommen werden. Dazu können bereits existierende Modelle wie z. B. das Transtheoretische Modell (Bassilios, Judd, Pattison, Nicholas & Moeller-Saxone, 2013) oder bereits erprobte Konzepte wie die Einteilung in verschiedene Phasen (Kubesch & Spitzer, 1999) oder die Durchführung eines Motivationsprogramms genutzt werden (Beebe et al., 2012). Die Erstellung und Erprobung eines

solchen Modells ist ein langfristiger Prozess aus Konzeption, Realisation und Evaluation, der weiterer Überlegungen über diesen ersten Ausblick hinaus bedarf (Schüle & Huber, 2012). Trainingsprinzipien müssen auf ihre Anwendbarkeit bei Schizophrenie geprüft und die Wirkungen unterschiedlicher Trainingsreize untersucht werden. Der Prozess einer Modellentwicklung sollte wissenschaftlich im Rahmen einer interdisziplinären Durchführung begleitet sein, um weitere Erkenntnisse zu gewinnen.

6 Schlussfazit

Die theoretische Auseinandersetzung mit Erkenntnissen zu Trainingswirkungen von Ausdauertraining und der Charakteristik der Erkrankung Schizophrenie hat viele Möglichkeiten aufgezeigt, wie Schizophreniepatienten von Ausdauertraining, aber auch Sport und Bewegung allgemein, profitieren können. Bisherige Studien zeigten positive Effekte auf die Symptome der Erkrankung, die kognitive Leistungsfähigkeit und das soziale Funktionsniveau, verwendeten aber zu unterschiedliche Trainingsparameter und zu wenig diagnostische Maßnahmen, um die genauen Wirkungen bestimmter Trainingsreize aufzeigen zu können. Bezüglich der Beeinflussbarkeit des bei Schizophrenie verringerten Hippocampusvolumens widersprechen sich die Ergebnisse bisheriger Forschung.

Mit der Durchführung und trainingswissenschaftlichen Auswertung der Studie „Exercise II“ ist die Bestätigung der Hypothese gelungen, dass die Ausdauerleistungsfähigkeit bei Schizophreniepatienten mit einem systematischen Ausdauertraining gesteigert werden kann. Die in den anderen Studien nicht berücksichtigten, hier bewiesenen Unterschiede zwischen Patienten und Gesunden bei metabolischen Adaptationen liefern eine neue, interessante Fragestellung für die weitere Forschung. Auch der theoretisch angenommene Trainingsbedarf der Patienten ließ sich mit der Studie „Exercise II“ durch die gegenüber den gesunden Probanden reduzierte Ausdauerleistungsfähigkeit zeigen. Die Bestätigung der Hypothese zur Steigerung des allgemeinen psychosozialen Funktionsniveaus zeigt, dass durch Ausdauertraining positive Effekte neben der Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit auch auf anderen Ebenen erreichbar sind. Mit der durchgeführten Studie ließen sich allerdings die Hypothesen zur angenommenen positiven Beeinflussbarkeit des Hippocampusvolumens durch körperliche Aktivität im Allgemeinen und Ausdauertraining im Besonderen nicht beweisen. Es muss offen bleiben, ob diese Annahme grundsätzlich falsch ist oder ob dieses Studienergebnis in einem unterschwelligen Trainingsreiz, der Trennung von Kognition und Bewegung, der Reduzierung der Bewegungsaktivität außerhalb der Studie oder der Auswertungsmethodik begründet ist. Die Analyse der Einflussfaktoren auf Hippocampusvolumen und Neurogenese machen deutlich, dass der Ausdauertrainingsreiz nur einen Aspekt unter einer Vielzahl von Einflussfaktoren darstellte. Das angewandte Trainingsprogramm diente im Rahmen der Studie zur Generierung eines kontrollierten Ausdauerreizes und erwies sich als durchführbar, mit gesunden wie erkrankten Teilnehmern.

Die Studie konnte somit einen Beitrag zur Untersuchung der Eignung von Sport und Bewegung als Ergänzung des Gesamttherapieplans bei Schizophrenieerkrankungen leisten. Auch in anderen Forschungsbereichen sind weitere Befunde zu Trainingsanpassungen zu erwarten. Im Rahmen einer interdisziplinären Weiterführung der Forschung

sollte unter Einbezug der jetzigen Erkenntnisse die Aufklärung der Wirkmechanismen vorangetrieben werden. Hierzu gehört eine weitere Ergründung der Beeinflussbarkeit des Hippocampusvolumens ebenso wie eine Variation der Trainingsreize und Ausweitung der Zielbereiche, in denen Adaptationen aufgespürt werden. Parallel sollte zukünftig auch die praktische Umsetzbarkeit eines sport- und bewegungstherapeutischen Modells für Schizophreniepatienten durch die Konzeption, Erprobung und Evaluation von sportwissenschaftlich entwickelten Trainingsprogrammen untersucht werden. Dieses Konzept sollte nach trainingswissenschaftlichen Prinzipien unter Berücksichtigung der Besonderheiten der Patientengruppe und der Medikation gestaltet sein. Nach der Analyse der Erfahrungen der Trainingsintervention der Studie „Exercise II“ sollte ein solches Trainingsprogramm

- regelmäßig,
- kontrolliert,
- kontinuierlich betreut,
- phasenspezifisch,
- abwechslungsreich,
- mehrdimensional,
- individuell,
- motivierend,
- verständlich,
- ärztlich unterstützt,
- wohnortnah und
- kostenlos sein.

Positive Bewertungen und weiterführendes Interesse der Patienten weisen über die wissenschaftlich belegten positiven Auswirkungen auf die Ausdauerleistungsfähigkeit und das psychosoziale Funktionsniveau hinaus auf einen nur schwer messbaren subjektiv durch die Patienten wahrgenommenen Gewinn hin.

Das 12-wöchige Fahrradergometertraining der allgemeinen Ausdauer im vorwiegend aeroben Stoffwechselbereich führte bei gesunden Studienteilnehmern und Schizophreniepatienten im Gegensatz zum Tischfußballspielen zu einer Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit mit Unterschieden in den Anpassungsvorgängen des Laktatstoffwechsels. Bei der Ausdauer-Patientengruppe erhöhte sich zudem das allgemeine psychosoziale Funktionsniveau im Verlauf der Intervention. Diese Leistungssteigerungen und die positive Resonanz der Teilnehmer lassen die Konzeption und Erprobung eines sport- oder bewegungstherapeutischen Modells sinnvoll erscheinen. Das Ausbleiben der erwarteten hippocampalen Volumenzunahmen macht aber auch den weiteren Forschungsbedarf zu den Wirkmechanismen von Ausdauertraining deutlich.

7 Literaturverzeichnis

- Ackenheil, M., Stotz, G., Dietz-Bauer, R. & Vossen, A. (1999). *Deutsche Fassung des Mini-International Neuropsychiatric Interview*. München: Psychiatrische Universitätsklinik München.
- Addington, D., Addington, J. & Schissel, B. (1990). A depression rating scale for schizophrenics. *Schizophrenia Research*, 3, 247–251.
- Adriano, F., Caltagirone, C. & Spalletta, G. (2012). Hippocampal volume reduction in first-episode and chronic schizophrenia: a review and meta-analysis. *The Neuroscientist*, 18 (2), 180–200.
- Alomari, M. A., Khabour, O. F., Alzoubi, K. H. & Alzubi, M. A. (2013). Forced and voluntary exercises equally improve spatial learning and memory and hippocampal BDNF levels. *Behavioural brain research*, 247, 34–39.
- Ambrogini, P., Lattanzi, D., Ciuffoli, S., Betti, M., Fanelli, M. & Cuppini, R. (2013). Physical exercise and environment exploration affect synaptogenesis in adult-generated neurons in the rat dentate gyrus: Possible role of BDNF. *Brain Research*, 1534, 1–12.
- American Thoracic Society. (2002). ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 166, 111–117.
- Andersen, P., Morris, R., Amaral, D., Bliss, T. & O'Keefe, J. (Hrsg.). (2007). *The Hippocampus Book*. New York: Oxford University Press.
- Andreasen, N. C. (1984). *Scale for the Assessment of Negative Symptoms (SANS)*. Iowa City.
- Andreasen, N. C., Pressler, M., Nopoulos, P., Miller, D. & Ho, B.-C. (2010). Antipsychotic dose equivalents and dose-years: a standardized method for comparing exposure to different drugs. *Biological psychiatry*, 67 (3), 255–262.
- Angevaren, M., Aufdemkampe, G., Verhaar, H. J. J., Aleman, A. & Vanhees, L. (2008). Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment. *Cochrane Database of Systematic Reviews* (3).
- Archie, S. M., Goldberg, J. O., Akhtar-Danesh, N., Landeen, J., McColl, L. & McNiven, J. (2007). Psychotic Disorders, Eating Habits, and Physical Activity: Who Is Ready for Lifestyle Changes? *Psychiatric Services*, 58 (2), 233–239.
- Arent, S. M., Rogers, T. J. & Landers, D. M. (2001). Mental Health and Physical Activity: The Effects of Physical Activity on Selected Mental Health Variables: Determining Causation. *Sportwissenschaft*, 31 (3), 239–254.
- Aschenbrenner, S., Tucha, O. & Lange, K. W. (2000). *RWT: Regensburger Wortflüssigkeits-Test: Handanweisung*. Göttingen: Hogrefe.

- Bagger, M., Petersen, P. H. & Pedersen, P. K. (2003). Biological Variation in Variables Associated with Exercise Training. *International Journal of Sports Medicine*, 24, 433–440.
- Bassilios, B., Judd, F., Pattison, P., Nicholas, A. & Moeller-Saxone, K. (2013). Predictors of exercise in individuals with schizophrenia. *Clinical schizophrenia & related psychoses*, Mar 7, 1–28.
- Bauersfeld, M. (1986). Ausgewählte Probleme und neuere Standpunkte zur Schnelligkeit und ihre trainingsmethodischen Konsequenzen. *Theorie und Praxis des Leistungssports*, 24 (8/9), 155–173.
- Beebe, L. H. (2008). Obesity in Schizophrenia: Screening, Monitoring and Health Promotion. *Perspectives in Psychiatric Care*, 44 (1), 25–31.
- Beebe, L. H. & Harris, R. F. (2012). Using pedometers to document physical activity in patients with schizophrenia spectrum disorders: a feasibility study. *Journal of Psychosocial Nursing and Mental Health Services*, 50 (2), 44–49.
- Beebe, L. H., Smith, K., Burk, R., McIntyre, K., Dessieux, O., Tavakoli, A. & Velligan, D. (2012). Motivational intervention increases exercise in schizophrenia and co-occurring substance use disorders. *Schizophrenia research*, 135 (1-3), 204–205.
- Beebe, L. H., Smith, K. D., Roman, M. W., Burk, R. C., McIntyre, K., Dessieux, O. L., ... Tennison, C. (2013). A pilot study describing physical activity in persons with schizophrenia spectrum disorders (SSDS) after an exercise program. *Issues in mental health nursing*, 34 (4), 214–219.
- Beebe, L. H., Tian, L., Morris, N., Goodwin, A., Allen, S. S. & Kuldau, J. (2005). Effects of Exercise on Mental and Physical Health Parameters of Persons with Schizophrenia. *Issues in Mental Health Nursing*, 26 (6), 661–676.
- Behere, R. V., Arasappa, R., Jagannathan, A., Varambally, S., Venkatasubramanian, G., Thirthalli, J., ... Gangadhar, B. N. (2011). Effect of yoga therapy on facial emotion recognition deficits, symptoms and functioning in patients with schizophrenia. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 123, 147–153.
- Benkert, O. & Hippus, H. (Hrsg.). (2013). *Kompendium der Psychiatrischen Pharmakotherapie*. Berlin and Heidelberg: Springer.
- Berle, J. O., Hauge, E. R., Oedegaard, K. J., Holsten, F. & Fasmer, O. B. (2010). Actigraphic registration of motor activity reveals a more structured behavioural pattern in schizophrenia than in major depression. *BMC research notes*, 3, 149.
- Bernard, P. & Ninot, G. (2012). Bénéfices des activités physiques adaptées dans la prise en charge de la schizophrénie : revue systématique de la littérature. *L'Encéphale*, 38 (4), 280–287.
- Bernard, P., Romain, A. J., Esseul, E., Artiguisse, M., Poy, Y., Baghdadli, A. & Ninot, G. (2013). Barrières et motivation à l'activité physique chez l'adulte atteint de schizophrénie: Revue de littérature systématique. *Science & Sports*, 28 (5), 247–252.
- Bernard, P. P. N., Esseul, E. C., Raymond, L., Dandonneau, L., Xambo, J.-J., Carayol, M. S. & Ninot, G. J.-M. G. (2013). Counseling and exercise intervention for smoking reduction in patients with schizophrenia: a feasibility study. *Archives of psychiatric nursing*, 27 (1), 23–31.
- Berner, D. (2008). *Wirkung von Ausdauerleistungstraining auf gehirnvolumetrische Prozesse bei Patienten mit Schizophrenie und gesunden Kontrollprobanden: Dis-*

- sertation. Universität des Saarlandes Homburg/Saar.
- Biedermann, S., Fuss, J., Zheng, L., Sartorius, A., Falfán-Melgoza, C., Demirakca, T., ... Weber-Fahr, W. (2012). In vivo voxel based morphometry: detection of increased hippocampal volume and decreased glutamate levels in exercising mice. *NeuroImage*, 61 (4), 1206–1212.
- Bischofberger, J. & Schmidt-Hieber, C. (2006). Adulte Neurogenese im Hippocampus. *Neuroforum* (3), 212–221.
- Black, E. J., Isaacs, K. S., Anderson, B. J., Alcantara, A. A. & Greenough, W. T. (1990). Learning causes synaptogenesis, whereas motor activity causes angiogenesis, in cerebellar cortex of adult rats. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 87, 5568–5572.
- Blume, D.-D. (1978). Zu einigen wesentlichen theoretischen Grundpositionen für die Untersuchung der koordinativen Fähigkeiten. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 27 (1), 29–36.
- Böning, D., Gönen, Y. & Maassen, N. (1984). Relationship Between Work Load, Pedal Frequency, and Physical Fitness. *International Journal of Sports Medicine*, 5, 92–97.
- Boos, A. (2010). Bewegung und Gedächtnis. In H. Schloffer, E. Prang & A. Frick-Salzmann (Hrsg.), *Gedächtnistraining* (S. 100–105). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Borg, G. A. V. & Noble, B. J. (1974). Perceived Exertion. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 2, 131–153.
- Bouchard, C., Daw, E. W., Rice, T., Pérusse, L., Gagnon, J., Province, M. A., ... Wilmore, J. H. (1998). Familial resemblance for VO₂max in the sedentary state: the HERITAGE family study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30 (2), 252–258.
- Bredin, S., Warburton, D. & Lang, D. (2013). The Health Benefits and Challenges of Exercise Training in Persons Living with Schizophrenia: A Pilot Study. *Brain Sciences*, 3 (2), 821–848.
- Brehm, M.-A., Harlaar, J. & Groepenhof, H. (2004). Validation of the portable VmaxST system for oxygen-uptake measurement. *Gait & Posture*, 20 (1), 67–73.
- Broocks, A., Meyer, T. F., George, A., Pekrun, G., Hillmer-Vogel, U., Hajak, G., ... Rütger, E. (1997). Zum Stellenwert von Sport in der Behandlung psychischer Erkrankungen. *Psychotherapie, Psychosomatik, medizinische Psychologie*, 47, 379–393.
- Broocks, A. & Sommer, M. (2005). Psychische Sportwirkungen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 56 (11), 393–394.
- Brown, S., Birtwistle, J., Roe, L. & Thompson, C. (1999). The unhealthy lifestyle of people with schizophrenia. *Psychological Medicine*, 29, 697–701.
- Burdette, J. H., Laurienti, P. J., Espeland, M. A., Morgan, A., Telesford, Q., Vechlekar, C. D., ... Rejeski, W. J. (2010). Using network science to evaluate exercise-associated brain changes in older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*.
- Carro, E., Nuñez, A., Busiguina, S., Torres-Aleman, I. & (Keine Angabe). (2000). Circulating Insulin-Like Growth Factor I Mediates Effects of Exercise on the Brain. *The Journal of Neuroscience*, 20 (8), 2926–2933.

- Chakos, M. H., Schobel, S. A., Gu, H., Gerig, G., Bradford, D., Charles, C. & Lieberman, J. A. (2005). Duration of illness and treatment effects on hippocampal volume in male patients with schizophrenia. *British Journal of Psychiatry*, 186 (26-31).
- Chang, W. C., Hui, C. L., Tang, J. Y., Wong, G. H., Lam, M. M., Chan, S. K. & Chen, E. Y. (2011). Persistent negative symptoms in first-episode schizophrenia: A prospective three-year follow-up study. *Schizophrenia Research*, 133 (1-3), 22–28.
- Chen, E. Y. H., Lin, J., Lee, E. H. M., Chang, W. C., Chan, S. K. W. & Hui, C. L. M. (2014). Yoga Exercise for Cognitive Impairment in Psychotic Disorders. *Schizophrenia Research*, 153, S26.
- Chen, E. Y. H., Lin, X., Lam, M. M. L., Chan, K. W., Chang, W. C., Joe, G., ... Tse, M. (2012). The Impacts of Yoga and Aerobic Exercise on Neuro-Cognition and Brain Structure in Early Psychosis – A Preliminary Analysis of the Randomized Controlled Clinical Trial. *Schizophrenia Research*, 136, S56.
- Chua, S. E., Cheung, C., Cheung, V., Tsang, J. T., Chen, E. Y., Wong, J. C., ... McAlonan, G. M. (2007). Cerebral grey, white matter and csf in never-medicated, first-episode schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 89 (1-3), 12–21.
- Chuang, H. T., Mansell, C. & Patten, S. B. (2008). Lifestyle Characteristics of Psychiatric Outpatients. *The Revue canadienne de psychiatrie*, 53 (4), 260–265.
- Clay, H. B., Sullivan, S. & Konradi, C. (2011). Mitochondrial dysfunction and pathology in bipolar disorder and schizophrenia. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 29 (3), 311–324.
- Cotman, C. W. & Berchtold, N. C. (2002). Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends in Neurosciences*, 25 (6), 295–301.
- Cotman, C. W. & Engesser-Cesar, C. (2002). Exercise Enhances and Protects Brain Function. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 30 (2), 75–79.
- Creer, D. J., Romberg, C., Saksida, L. M., van Praag, H. & Bussey, T. J. (2010). Running enhances spatial pattern separation in mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 (5), 2367–2372.
- Csernansky, J. G., Wang, L., Jones, D., Rastogi-Cruz, D., Posener, J. A., Heydebrand, G., ... Miller, M. I. (2002). Hippocampal Deformities in Schizophrenia Characterized by High Dimensional Brain Mapping. *The American journal of psychiatry*, 159 (12), 2000–2006.
- de Almeida, A. A., da Silva, S. G., Fernandes, J., Peixinho-Pena, L. F., Scorza, F. A., Cavaleiro, E. A. & Arida, R. M. (2013). Differential effects of exercise intensities in hippocampal BDNF, inflammatory cytokines and cell proliferation in rats during the postnatal brain development. *Neuroscience letters*, 553, 1–6.
- Deimel, H. & Lohmann, S. (1983). Zur körperlichen Leistungsfähigkeit von schizophren erkrankten Patienten. *Rehabilitation*, 22, 81–85.
- Déry, N., Pilgrim, M., Gibala, M., Gillen, J., Wojtowicz, J. M., Macqueen, G. & Becker, S. (2013). Adult hippocampal neurogenesis reduces memory interference in humans: opposing effects of aerobic exercise and depression. *Frontiers in neuroscience*, 7, 66.
- Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde (Hrsg.). (2006). *Behandlungsleitlinie Schizophrenie* (Bd. 1). Darmstadt: Steinkopff Verlag.
- Deutscher Tischfußballbund. (2010). *Tischfußball - ein altes Spiel, ein neuer Sport*. Zugriff am 13.05.2013 auf <http://www.dtfb.de/download/DTFB%202010.pdf>

- Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information. (2013). *ICD-10-GM Version 2014: Systematisches Verzeichnis: Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 10. Revision - German Modification*.
- Dilling, H. (2005). *Internationale Klassifikation psychischer Störungen: ICD-10 Kapitel V (F) ; klinisch-diagnostische Leitlinien* (5. Aufl.). Bern: Verlag Hans Huber.
- Dixon, L., Weiden, P., Delahanty, J., Goldberg, R., Postrado, L., Lucksted, A. & Lehman, A. (2000). Prevalence and Correlates of Diabetes in National Schizophrenia Samples. *Schizophrenia bulletin*, 26 (4), 903–912.
- Dodd, K. J., Duffy, S., Stewart, J. A., Impey, J. & Taylor, N. (2011). A small group aerobic exercise programme that reduces body weight is feasible in adults with severe chronic schizophrenia: a pilot study. *Disability and Rehabilitation*, 33 (13-14), 1222–1229.
- Dornblüth, O. & Pschyrembel, W. (2004). *Pschyrembel: Klinisches Wörterbuch* (260., neu bearb. Aufl.). Berlin and New York: de Gruyter.
- Downing, P. E., Jiang, Y., Shuman, M. & Kanwisher, N. (2001). A Cortical Area Selective for Visual Processing of the Human Body. *Science*, 293, 2470–2473.
- Dunn, A. L., Reigle, T. G., Youngstedt, S. D., Armstrong, R. B. & Dishman, R. K. (1996). Brain norepinephrine and metabolites after treadmill training and wheel running in rats. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28 (2), 204–209.
- Duraiswamy, G., Thirthalli, J., Nagendra, H. R. & Gangadhar, B. N. (2007). Yoga therapy as an add-on treatment in the management of patients with schizophrenia – a randomized controlled trial. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 116, 226–232.
- Duvernoy, H. M. (2005). *The Human Hippocampus: Functional Anatomy, Vascularization and Serial Sections with MRI* (3. Aufl.). Berlin and Heidelberg and New York: Springer-Verlag.
- Eadie, B. D., van, A. R. & Christie, B. R. (2005). Voluntary exercise alters the cytoarchitecture of the adult dentate gyrus by increasing cellular proliferation, dendritic complexity, and spine density. *The Journal of Comparative Neurology*, 486 (1), 39–47.
- Ellison-Wright, I. & Bullmore, E. (2009). Meta-analysis of diffusion tensor imaging studies in schizophrenia. *Schizophrenia research*, 108 (1-3), 3–10.
- Engelhardt, M. & Neumann, G. (1994). *Sportmedizin: Grundlagen für alle Sportarten*. München: BLV Verlagsgesellschaft.
- Erickson, K. I., Prakash, R. S., Voss, M. W., Chaddock, L., Hu, L., Morris, K. S., ... Kramer, A. F. (2009). Aerobic fitness is associated with hippocampal volume in elderly humans. *Hippocampus*, 19 (10), 1030–1039.
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., ... Kramer, A. F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108 (7), 3017–3022.
- Erickson, K. I., Weinstein, A. M. & Lopez, O. L. (2012). Physical activity, brain plasticity, and Alzheimer's disease. *Archives of medical research*, 43 (8), 615–621.
- Eriksson, P. S., Perfilieva, E., Nirdborg, C., Björk-Eriksson, T., Peterson, D. A., Alborn, A.-M. & Gage, F. H. (1998). Neurogenesis in the adult human hippocampus. *Nature Medicine*, 4 (11), 1313–1317.

- Fabel, K., Fabel, K., Tam, B., Kaufer, D., Baiker, A., Simmons, N., ... Palmer, T. D. (2003). Vegf is necessary for exercise-induced adult hippocampal neurogenesis. *European Journal of Neuroscience*, 18, 2803–2812.
- Falkai, P. (2003). *Schizophrenie - auf einen Blick*. Berlin and Wien: Blackwell Verlag.
- Falkai, P. (31.08.2009). *Ethikantrag: „Effekte der Kombination von sportlichem und kognitivem Training auf ergometrische Leistungsfähigkeit, Kognition und neuronale Prozesse bei schizophrenen Patienten und gesunden Probanden - eine randomisierte Studie“ (Exercise II)*. Göttingen.
- Falkai, P. & Maier, W. (2006). Fortschritte in der neurobiologischen Erforschung der Schizophrenie. *Der Nervenarzt*, 77 (S03), S65–S76.
- Falkai, P., Malchow, B., Wobrock, T., Gruber, O., Schmitt, A., Honer, W. G., ... Cannon, T. D. (2013). The effect of aerobic exercise on cortical architecture in patients with chronic schizophrenia: a randomized controlled MRI study. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience*, 263 (6), 469–473.
- Falkai, P. & Schmitt, A. (2012). Regenerative Psychiatrie: Weg von der Dementia praecox hin zur neuronalen Plastizität. *Fortschritte der Neurologie-Psychiatrie*, 80 (5), 249.
- Falkai, P. & Schmitt, A. (2013). Verlaufsuntersuchungen in der Gruppe der Schizophrenen. *Der Nervenarzt*, 84 (9), 1091–1092.
- Fedorov, A., Beichel, R., Kalpathy-Cramer, J., Finet, J., Fillion-Robin, J.-C., Pujol, S., ... Kikinis, R. (2012). 3D Slicer as an Image Computing Platform for the Quantitative Imaging Network. *Magnetic Resonance Imaging*, 30 (9), 1323–1341.
- Fitzsimmons, J., Kubicki, M. & Shenton, M. E. (2013). Review of functional and anatomical brain connectivity findings in schizophrenia. *Current opinion in psychiatry*, 26 (2), 172–187.
- Flöel, A., Ruscheweyh, R., Krüger, K., Willemer, C., Winter, B., Völker, K., ... Knecht, S. (2010). Physical activity and memory functions: Are neurotrophins and cerebral gray matter volume the missing link? *NeuroImage*, 49 (3), 2756–2763.
- FreeSurferWiki. (2014). *recon-all*. Zugriff am 28.05.2014 auf <http://freesurfer.net/fswiki/recon-all>
- Fuss, J., Biedermann, S. V., Falfán-Melgoza, C., Auer, M. K., Zheng, L., Steinle, J., ... Gass, P. (2014). Exercise boosts hippocampal volume by preventing early age-related gray matter loss. *Hippocampus*, 24 (2), 131–134.
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I.-M., ... Swain, D. P. (2011). Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43 (7), 1334–1359.
- Geuze, E., Vermetten, E. & Bremner, J. D. (2005). MR-based in vivo hippocampal volumetrics: 2. Findings in neuropsychiatric disorders. *Molecular psychiatry*, 10 (2), 160–184.
- Gholipour, A., Abolghasemi, S., Gholinia, K. & Taheri, S. (2012). Token Reinforcement Therapeutic Approach is More Effective than Exercise for Controlling Negative Symptoms of Schizophrenic Patients: A Randomized Controlled Trial. *International journal of preventive medicine*, 3 (7), 466–470.
- Goghari, V. M., Lang, D. J., Flynn, S. W., MacKay, A. L. & Honer, W. G. (2005).

- Smaller corpus callosum subregions containing motor fibers in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 73 (1), 59–68.
- Gorczyński, P. & Faulkner, G. (2010). Exercise therapy for schizophrenia. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 5, 1–26.
- Gould, E., Beylin, A., Tanapat, P., Reeves, A. & Shors, T. J. (1999). Learning enhances adult neurogenesis in the hippocampal formation. *Nature Neuroscience*, 2 (3), 260–265.
- Gould, E., McEwen, B. S., Tanapat, P., Galea, L. A. M. & Fuchs, E. (1997). Neurogenesis in the Dentate Gyrus of the Adult Tree Shrew Is Regulated by Psychosocial Stress and NMDA Receptor Activation. *The Journal of Neuroscience*, 17 (7), 2492–2498.
- Gruber, O., Falkai, P., Schneider-Axmann, T., Schwab, S. G., Wagner, M. & Maier, W. (2008). Neuregulin-1 haplotype HAPICE is associated with lower hippocampal volumes in schizophrenic patients and in non-affected family members. *Journal of psychiatric research*, 43, 1–6.
- Gundlach, H. (1968). Systembeziehungen körperlicher Fähigkeiten und Fertigkeiten. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 17 (Beiheft Teil II), 198–205.
- Gundlach, H. (1980). *Zu den Strukturmerkmalen der Leistungsfähigkeit, der Wettkampfleistung und des Trainingsinhaltes in den Schnellkraft- und Ausdauersportarten: Dissertation zur Promotion B*. Deutsche Hochschule für Körperkultur Leipzig.
- Gur, R. E., Keshavan, M. S. & Lawrie, S. M. (2007). Deconstructing Psychosis With Human Brain Imaging. *Schizophrenia bulletin*, 33 (4), 921–931.
- Guy, W. (1976). *ECDEU: Assessment Manual for Psychopharmacology*. Rockville.
- Haijma, S. V., van Haren, N., Cahn, W., Koolschijn, P. C. M. P., Pol, H. E. H. & Kahn, R. S. (2013). Brain volumes in schizophrenia: a meta-analysis in over 18 000 subjects. *Schizophrenia bulletin*, 39 (5), 1129–1138.
- Harding, E. J., Paul, E. S. & Mendl, M. (2004). Changes in grey matter induced by training: Newly honed juggling skills show up as a transient feature on a brain-imaging scan. *Nature*, 427, 311–312.
- Harrison, P. J. (2004). The hippocampus in schizophrenia: a review of the neuropathological evidence and its pathophysiological implications. *Psychopharmacology*, 174, 151–162.
- Hasnain, M., Victor, W. & Vieweg, R. (2011). Do we truly appreciate how difficult it is for patients with schizophrenia to adapt a healthy lifestyle? *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 123, 409–410.
- Hausswolf-Juhlin, Y. v., Bjartveit, M., Lindström, E. & Jones, P. (2009). Schizophrenia and physical health problems. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 119, 15–21.
- Heckers, S. (2001). Neuroimaging Studies of the Hippocampus in Schizophrenia. *Hippocampus*, 11, 520–528.
- Heggelund, J., Nilsberg, G. E., Hoff, J., Morken, G. & Helgerud, J. (2011). Effects of high aerobic intensity training in patients with schizophrenia—A controlled trial. *Nordic Journal of Psychiatry*, 65 (4), 269–275.
- Helmstaedter, C., Lendt, M. & Lux, S. (Hrsg.). (2001). *VLMT: Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest: Manual*. Göttingen: Beltz Test.
- Heran, B. S., Chen, J. M., Ebrahim, S., Moxham, T., Oldridge, N., Rees, K., ... Taylor, R. S. (2011). Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease.

Cochrane Database of Systematic Reviews (7).

- Herholz, K., Buskies, W., Pawlik, G., Hollmann, W. & Heiss, W. D. (1987). Regional cerebral blood flow in man at rest and during exercise. *Journal of Neurology*, 234, 9–13.
- Herrera, D. G., Yagüe, A. G., Johnsen-Soriano, S., Bosch-Morell, F., Collado-Morente, L., Muriach, M., ... García-Verdugo, J. M. (2003). Selective impairment of hippocampal neurogenesis by chronic alcoholism: Protective effects of an antioxidant. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100 (13), 7919–7924.
- 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, 58–65.
- Hollmann, W. & Strüder, H. K. (2009). *Sportmedizin: Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin*. Stuttgart: Schattauer.
- Hollmann, W., Strüder, H. K., Predel, H.-G. & Tagarakis, C. V. M. (2006). *Spiroergometrie: Kardiopulmonale Leistungsdiagnostik des Gesunden und Kranken*. Stuttgart: Schattauer.
- Hölter, G. (Hrsg.). (2011). *Bewegungstherapie bei psychischen Erkrankungen: Grundlagen und Anwendungen*. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
- Hottenrott, K. & Neumann, G. (2008). *Methodik des Ausdauertrainings*. Schorndorf: Verlag Karl Hofmann.
- Hottenrott, K. & Neumann, G. (2014). *Trainingswissenschaft: Ein Lehrbuch in 14 Lektionen*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Huang, T., Larsen, K. T., Ried-Larsen, M., Møller, N. C. & Andersen, L. B. (2014). The effects of physical activity and exercise on brain-derived neurotrophic factor in healthy humans: A review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24 (1), 1–10.
- Isaacs, K. S., Anderson, B. J., Alcantara, A. A., Black, E. J. & 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 and Metabolism*, 12 (110-119).
- Israel, S. (1979). Sportmedizinische Aufgaben bei der Gestaltung des Übungs-, Trainings- und Wettkampfbetriebes von Sporttreibenden im mittleren Lebensalter. *Medizin und Sport*, 19, 113–115.
- Jagannath, A., Peirson, S. N. & Foster, R. G. (2013). Sleep and circadian rhythm disruption in neuropsychiatric illness. *Current Opinion in Neurobiology*, 23 (5), 888–894.
- Jiaxu, C. & Weiyi, Y. (2000). Influence of acute and chronic treadmill exercise on rat brain POMC gene expression. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32 (5), 954–957.
- Johnson, G. (2014). *UBC professor studies effects of exercise on psychosis*. Zugriff am 14.07.2014 auf <http://www.straight.com/life/635251/ubc-professor-studies-effects-exercise-psychosis>
- Josefsson, T., Lindwall, M. & Archer, T. (2014). Physical exercise intervention in depressive disorders: Meta-analysis and systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24, 259–272.

- Kaliman, P., Párrizas, M., Lalanza, J. F., Camins, A., Escorihuela, R. M. & Pallàs, M. (2011). Neurophysiological and epigenetic effects of physical exercise on the aging process. *Ageing Research Reviews*, 10 (4), 475–486.
- Katch, V. L., Sady, S. S. & Freedson, P. (1982). Biological variability in maximum aerobic power. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14 (1), 21–25.
- Kay, S. R., Fiszbein, A. & Opler, L. A. (1987). The Positive and Negative Syndrome Scale (PANSS) for Schizophrenia. *Schizophrenia bulletin*, 13 (2), 261–276.
- Keller, K. (15.02.2011). *Wirkungen von aerobem Ausdauertraining in der Therapie von Patienten mit einer schizophrenen Erkrankung: Hausarbeit zur Erlangung des Magistergrades*. Georg-August-Universität Göttingen.
- Kempermann, G. (2006). *Adult Neurogenesis: Stem Cells and Neuronal Development in the Adult Brain*. New York: Oxford University Press.
- Kempermann, G. (2012). Körperliche Aktivität und Hirnfunktion. *Der Internist*, 53 (6), 698–704.
- Kempermann, G., Kuhn, H. G. & Gage, F. H. (1997a). Genetic influence on neurogenesis in the dentate gyrus of adult mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94, 10409–10414.
- Kempermann, G., Kuhn, H. G. & Gage, F. H. (1997b). More hippocampal neurons in adult mice living in an enriched environment. *Nature*, 386, 493–495.
- Kempermann, G., Kuhn, H. G., Winkler, J. & Gage, F. H. (1998). Neue Nervenzellen für das erwachsene Gehirn: Adulte Neurogenese und Stammzellkonzepte in der neurologischen Forschung. *Nervenarzt*, 69, 851–857.
- Kerling, A., Tegtbur, U., Ziegenbein, M., Grams, L., Heinze, D. R. & Sieberer, M. (2013). Exercise capacity and quality of life in patients with schizophrenia. *The Psychiatric quarterly*, 84 (4), 417–427.
- Killackey, E., Anda, A., Gibbs, M., Alvarez-Jimenez, M., Thompson, A., Sun, P. & Baksheev, G. N. (2011). Using internet enabled mobile devices and social networking technologies to promote exercise as an intervention for young first episode psychosis patients. *BMC Psychiatry*, 11 (1), 80.
- Killgore, W. D. S., Olson, E. A. & Weber, M. (2013). Physical exercise habits correlate with gray matter volume of the hippocampus in healthy adult humans. *Scientific reports*, 3, 3457.
- Klempin, F., Beis, D., Mosienko, V., Kempermann, G., Bader, M. & Alenina, N. (2013). Serotonin is required for exercise-induced adult hippocampal neurogenesis. *Journal of Neuroscience*, 33 (19), 8270–8275.
- Knöchel, C., Oertel-Knöchel, V., O'Dwyer, L., Prvulovic, D., Alves, G., Kollmann, B. & Hampel, H. (2012). Cognitive and behavioural effects of physical exercise in psychiatric patients. *Progress in Neurobiology*, 96, 46–68.
- Kokkinos, P., Myers, J., Faselis, C., Panagiotakos, D. B., Doumas, M., Pittaras, A., ... Fletcher, R. (2010). Exercise Capacity and Mortality in Older Men: A 20-Year Follow-Up Study. *Circulation*, 122 (8), 790–797.
- Kongs, S. K., Thompson, L. L., Iverson, G. L., Heaton & R. K. (Hrsg.). (2000). *WCST-64: Wisconsin Card Sorting Test - 64 Card Version: Professional Manual*. Lutz and Florida: Psychological Assessment Resources.
- Konrad, C., Ukas, T., Nebel, C., Arolt, V., Toga, A. W. & Narr, K. L. (2009). Defining the human hippocampus in cerebral magnetic resonance images—an overview of

- current segmentation protocols. *NeuroImage*, 47 (4), 1185–1195.
- Kubesch, S. & Spitzer, M. (1999). Sich laufend wohlfühlen: Aerobes Ausdauertraining bei psychisch Kranken. *Nervenheilkunde*, 18, 363–370.
- Leavitt, V. M., Cirnigliaro, C., Cohen, A., Farag, A., Brooks, M., Wecht, J. M., . . . Sumowski, J. F. (2013). Aerobic exercise increases hippocampal volume and improves memory in multiple sclerosis: Preliminary findings. *Neurocase*, Oct 4.
- Leucht, S. (2007). *Therapie der Schizophrenie: Evidenzbasierte Behandlung*. München: Elsevier.
- Lin, J. (2013). *The impacts of aerobic exercise and mind-body exercise (yoga) on neuro-cognition and clinical symptoms in early psychosis: A single-blind randomized controlled clinical trial: Dissertation*. University of Hong Kong.
- Lista, I. & Sorrentino, G. (2010). Biological Mechanisms of Physical Activity in Preventing Cognitive Decline. *Cellular and Molecular Neurobiology*, 30 (4), 493–503.
- Löllgen, H. (2005). *Kardiopulmonale Funktionsdiagnostik* (4., neubearb. Aufl.). Nürnberg and Mittelfr: Novartis Pharma.
- Lucassen, P. J., Stumpel, M. W., Wang, Q. & Aronica, E. (2010). Decreased numbers of progenitor cells but no response to antidepressant drugs in the hippocampus of elderly depressed patients. *Neuropharmacology*, 58 (6), 940–949.
- Lühnenschloß, D. & Dierks, B. (2005). *Schnelligkeit: Bewegungskompetenzen*. Schorn-dorf: Verlag Karl Hofmann.
- Lupien, S. J., Evans, A., Lorda, C., Miles, J., Pruessner, M., Pike, B. & Pruessner, J. C. (2007). Hippocampal volume is as variable in young as in older adults: Implications for the notion of hippocampal atrophy in humans. *NeuroImage*, 34, 479–485.
- Macfarlane, D. J. & Wong, P. (2012). Validity, reliability and stability of the portable Cortex Metamax 3B gas analysis system. *European Journal of Applied Physiology*, 112 (7), 2539–2547.
- Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S. J. & Frith, C. D. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97 (8), 4398–4403.
- Mäkinen, J., Miettunen, J., Isohanni, M. & Koponen, H. (2008). Negative symptoms in schizophrenia: a review. *Nordic Journal of Psychiatry*, 62 (5), 334–341.
- Mäkinen, J., Miettunen, J., Jääskeläinen, E., Veijola, J., Isohanni, M. & Koponen, H. (2010). Negative symptoms and their predictors in schizophrenia within the Northern Finland 1966 Birth Cohort. *Psychiatry research*, 178 (1), 121–125.
- Makizako, H., Shimada, H., Doi, T., Park, H., Yoshida, D. & Suzuki, T. (2013). Six-minute walking distance correlated with memory and brain volume in older adults with mild cognitive impairment: a voxel-based morphometry study. *Dementia and geriatric cognitive disorders extra*, 3 (1), 223–232.
- Malberg, J. E., Eisch, A. J., Nestler, E. J. & Duman, R. S. (2000). Chronic Antidepressant Treatment Increases Neurogenesis in Adult Rat Hippocampus. *The Journal of Neuroscience*, 20 (24), 9104–9110.
- Malchow, B., Reich-Erkelenz, D., Oertel-Knochel, V., Keller, K., Hasan, A., Schmitt, A., . . . Falkai, P. (2013). The effects of physical exercise in schizophrenia and affective disorders. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience*, 263 (6), 451–467.

- Mann, T., Lamberts, R. P. & Lambert, M. I. (2013). Methods of Prescribing Relative Exercise Intensity: Physiological and Practical Considerations. *Sports Medicine*, 43, 613–625.
- marker software. (2011). *COGPACK, Textbuch Übindikationen*.
- Marzolini, S., Jensen, B. & Melville, P. (2009). Feasibility and effects of a group-based resistance and aerobic exercise program for individuals with severe schizophrenia: A multidisciplinary approach. *Mental Health and Physical Activity*, 2, 29–36.
- McEwen, B. S. (1996). Gonadal and Adrenal Steroids Regulate Neurochemical and Structural Plasticity of the Hippocampus Via Cellular Mechanisms Involving NMDA Receptors. *Cellular and Molecular Neurobiology*, 16 (2), 103–116.
- Meinel, K. & Schnabel, G. (1998). *Bewegungslehre - Sportmotorik: Abriss einer Theorie der sportlichen Motorik unter pädagogischem Aspekt* (9. Aufl.). Berlin: Sportverlag Berlin.
- Methapatara, W. & Srisurapanont, M. (2011). Pedometer walking plus motivational interviewing program for Thai schizophrenic patients with obesity or overweight: A 12-week, randomized, controlled trial. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 65 (4), 374–380.
- Meyer, J. M., Nasrallah, H. A., McEvoy, J. P., Goff, D. C., Davis, S. M., Chakos, M., ... Lieberman, J. A. (2005). The Clinical Antipsychotic Trials of Intervention Effectiveness (CATIE) Schizophrenia Trial: Clinical comparison of subgroups with and without the metabolic syndrome. *Schizophrenia Research*, 80 (1), 9–18.
- Meyer, T. (02.05.2012). *Ergometrische Daten: E-Mail*.
- Meyer, T. & Kindermann, W. (1999). Die maximale Sauerstoffaufnahme (VO₂max). *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 50 (9), 285–286.
- Midgley, A. W., McNaughton, L. R., Polman, R. & Marchant, D. (2007). Criteria for Determination of Maximal Oxygen Uptake: A Brief Critique and Recommendations for Future Research. *Sports Medicine*, 37 (12), 1019–1028.
- Möller, H.-J., Müller, W. E. & Bandelow, B. (Hrsg.). (2001). *Neuroleptika: Pharmakologische Grundlagen, klinisches Wissen und therapeutisches Vorgehen*. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- Möller, H.-J., Müller, W. E. & Volz, H.-P. (Hrsg.). (2000). *Psychopharmakotherapie: Ein Leitfaden für Klinik und Praxis*. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.
- Mulder, E. R., de Jong, R. A., Knol, D. L., van Schijndel, R. A., Cover, K. S., Visser, P. J., ... Vrenken, H. (2014). Hippocampal volume change measurement: Quantitative assessment of the reproducibility of expert manual outlining and the automated methods FreeSurfer and FIRST. *NeuroImage*, 92, 169–181.
- Muster, M. & Zielinski, R. (2006). *Bewegung und Gesundheit: Gesicherte Effekte körperlicher Aktivität und Ausdauertraining*. Darmstadt: Steinkopff Verlag.
- Narr, K. L., Thompson, P. M., Szeszko, P., Robinson, D., Jang, S., Woods, R. P., ... Bilder, R. M. (2004). Regional specificity of hippocampal volume reductions in first-episode schizophrenia. *NeuroImage*, 21 (4), 1563–1575.
- Neeper, S., Gomez-Pinilla, F., Choi, J. & Cotman, C. W. (1995). Exercise and brain neurotrophins. *Nature*, 373, 109.
- Neumaier, A. & Mechling, H. (1995). Allgemeines oder sportartspezifisches Koordinationsstraining? Ein Strukturierungsvorschlag zur Analyse und zum Training spezieller koordinativer Leistungsvoraussetzungen. *Leistungssport*, 25 (5), 14–18.

- Neumann, G., Pfützner, A. & Berbalk, A. (2007). *Optimiertes Ausdauertraining* (5. Aufl.). Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Nilsson, B. M., Olsson, R. M., Oman, A., Wiesel, F. A., Ekselius, L. & Forslund, A. H. (2012). Physical capacity, respiratory quotient and energy expenditure during exercise in male patients with schizophrenia compared with healthy controls. *European Psychiatry*, 27 (3), 206–212.
- Oertel-Knöchel, V., Mehler, P., Thiel, C., Steinbrecher, K., Malchow, B., Tesky, V., . . . Hänsel, F. (2014). Effects of aerobic exercise on cognitive performance and individual psychopathology in depressive and schizophrenia patients. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience*, Advance online publication. doi: 10.1007/s00406-014-0485-9
- Olson, A. K., Eadie, B. D., Ernst, C. & Christie, B. R. (2006). Environmental Enrichment and Voluntary Exercise Massively Increase Neurogenesis in the Adult Hippocampus via Dissociable Pathways. *Hippocampus*, 16, 250–260.
- Ostermann, S., Herbsleb, M., Schulz, S., Donath, L., Berger, S., Eisenträger, D., . . . Bär, K.-J. (2013). Exercise reveals the interrelation of physical fitness, inflammatory response, psychopathology, and autonomic function in patients with schizophrenia. *Schizophrenia bulletin*, 39 (5), 1139–1149.
- Pajonk, F.-G., Wobrock, T., Gruber, O., Scherk, H., Berner, D., Kaizl, I., . . . Falkai, P. (2010). Hippocampal Plasticity in Response to Exercise in Schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 67 (2), 133–143.
- Panenka, W. J., Khorram, B., Barr, A. M., Smith, G. N., Lang, D. J., Kopala, L. C., . . . Honer, W. G. (2007). A longitudinal study on the effects of typical versus atypical antipsychotic drugs on hippocampal volume in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 94 (1-3), 288–292.
- Park, C. & Park, S. K. (2012). Molecular links between mitochondrial dysfunctions and schizophrenia. *Molecules and cells*, 33 (2), 105–110.
- Park, Y.-U., Jeong, J., Lee, H., Mun, J. Y., Kim, J.-H., Lee, J. S., . . . Park, S. K. (2010). Disrupted-in-schizophrenia 1 (DISC1) plays essential roles in mitochondria in collaboration with Mitofilin. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 (41), 17785–17790.
- Parker, B. A., Thompson, P. D., Jordan, K. C., Grimaldi, A. S., Assaf, M., Jagannathan, K. & Pearlson, G. D. (2011). Effect of exercise training on hippocampal volume in humans: a pilot study. *Research quarterly for exercise and sport*, 82 (3), 585–591.
- Patten, A. R., Sickmann, H., Hryciw, B. N., Kucharsky, T., Parton, R., Kernick, A. & Christie, B. R. (2013). Long-term exercise is needed to enhance synaptic plasticity in the hippocampus. *Learning & memory (Cold Spring Harbor, N.Y.)*, 20 (11), 642–647.
- Pereira, A. C., Huddleston, D. E., Brickman, A. M., Sosunov, A. A., Hen, R., McKhann, G. M., . . . (Keine Angabe) (2007). An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104 (13), 5638–5643.
- Perkins, C. D., Pivamik, J. M. & Green, M. R. (2004). Reliability and Validity of the VmaxST Portable Metabolic Analyzer. *Journal of Physical Activity & Health*, 1 (4), 413–422.

- Pfitzinger, P. & Freedson, P. S. (1998). The Reliability of Lactate Measurements During Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 19, 349–357.
- Pollock, M. L., Gaesser, G. A., Butcher, J. D. M., Després, J.-P., Dishman, R. K., Franklin, B. A. & Garber, C. E. (1998). ACSM Position Stand: The Recommended Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory and Muscular Fitness, and Flexibility in Healthy Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30 (6), 975–991.
- Prieur, F., Castells, J. & Denis, C. (2003). A Methodology to Assess the Accuracy of a Portable Metabolic System (VmaxST™). *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35 (5), 879–885.
- Pruessner, J. C., Li, L. M., Serles, W., Pruessner, M., Collins, D. L., Kabani, N., . . . Evans, A. C. (2000). Volumetry of hippocampus and amygdala with high-resolution MRI and three-dimensional analysis software: minimizing the discrepancies between laboratories. *Cerebral Cortex*, 10 (4), 433–442.
- Åstrand, P.-O. & Rodahl, K. (1986). *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise*. Singapore: McGraw-Hill.
- Raz, N., Lindenberger, U., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., Head, D., Williamson, A., . . . Acker, J. D. (2005). Regional Brain Changes in Aging Healthy Adults: General Trends, Individual Differences and Modifiers. *Cerebral Cortex*, 15 (11), 1676–1689.
- Regenold, W. T., Phatak, P., Marano, C. M., Sassan, A., Conley, R. R. & Kling, M. A. (2009). Elevated cerebrospinal fluid lactate concentrations in patients with bipolar disorder and schizophrenia: implications for the mitochondrial dysfunction hypothesis. *Biological Psychiatry*, 65 (6), 489–494.
- Reif, A., Schmitt, A., Fritzen, S. & Lesch, K.-P. (2007). Neurogenesis and schizophrenia: dividing neurons in a divided mind? *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 257 (5), 290–299.
- Reitan, R. M. & Wolfson, D. (Hrsg.). (1985). *The Halstead-Reitan Neuropsychological Test Battery: Theory and Clinical Interpretation*. Tucson and Arizona: Neuropsychology Press.
- Rijcken, C. A., Monster, T. B., Brouwers, J. R. & de Jong-van den Berg, L. T. (2003). Chlorpromazine equivalents versus defined daily doses: how to compare antipsychotic drug doses? *Journal of clinical psychopharmacology*, 23 (6), 657–659.
- Robergs, R. A., Dwyer, D. & Astorino, T. (2010). Recommendations for improved data processing from expired gas analysis indirect calorimetry. *Sports Medicine*, 40 (2), 95–111.
- Robert Koch-Institut (Hrsg.). (2010). *Schizophrenie: Gesundheitsberichterstattung des Bundes* (Bd. 50). Berlin.
- Roger, M. K., Pearson, V., Lam, M., Law, C. W., Chiu, C. P. & Chen, E. Y. (2008). What Does Recovery From Schizophrenia Mean? Perceptions of Long-Term Patients. *International Journal of Social Psychiatry*, 54 (2), 118–130.
- Roik, C., Fritz, W. A., Matschinger, H., Heider, D., Schindler, J., Riedel-Heller, S. & Angermeyer, M. C. (2007). Health habits of patients with schizophrenia. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 42, 268–276.
- Ross, C. A., Margolis, R. L., Reading, S. A. J., Pletnikov, M. & Coyle, J. T. (2006). Neurobiology of Schizophrenia. *Neuron*, 52 (1), 139–153.

- Rote Liste Service (Hrsg.). (2013). *Rote Liste 2013: Arzneimittelverzeichnis für Deutschland (einschliesslich EU-Zulassungen und bestimmter Medizinprodukte)* (53. Aufl.). Frankfurt/Main: Rote Liste Service.
- Saraswat, N., Rao, K., Subbakrishna, D. K. & Gangadhar, B. N. (2006). The Social Occupational Functioning Scale (SOFS): A brief measure of functional status in persons with schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 81 (2-3), 301–309.
- Saß, H., Wittchen, H.-U., Zaudig, M. & Houben, I. (2003). *Diagnostisches und Statistisches Manual Psychischer Störungen: Textrevision: DSM-IV-TR*. Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D. & Hawley, J. A. (2004). Reliability and Variability of Running Economy in Elite Distance Runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36 (11), 1972–1976.
- Savonen, K. P., Kiviniemi, V., Laaksonen, D. E., Lakka, T. A., Laukkanen, J. A., Tuomai-
nen, T.-P. & Rauramaa, R. (2011). Two-minute heart rate recovery after cycle
ergometer exercise and all-cause mortality in middle-aged men. *Journal of Internal
Medicine*, 270 (6), 589–596.
- Scharhag-Rosenberger, F. & Meyer, T. (2013). Ausdauertrainingseffekte: Ergometrische
Erfassung und Zusammenhänge mit präventiver Trainingswirkung. *Deutsche
Zeitschrift für Sportmedizin*, 64 (2), 45–51.
- Scharhag-Rosenberger, F., Meyer, T., Gäßler, N., Faude, O. & Kindermann, W. (2010).
Exercise at given percentages of VO_{2max} : Heterogeneous metabolic responses
between individuals. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13 (1), 74–79.
- Scharhag-Rosenberger, F., Meyer, T., Walitzek, S. & Kindermann, W. (2009). Time
Course of Changes in Endurance Capacity. *Medicine & Science in Sports &
Exercise*, 41 (5), 1130–1137.
- Scharhag-Rosenberger, F., Walitzek, S., Kindermann, W. & Meyer, T. (2012). Differences
in adaptations to 1 year of aerobic endurance training: individual patterns of
nonresponse. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 22 (1),
113–118.
- Scheewe, T. W., Backx, F. J. G., Takken, T., Jörg, F., van Strater, A. C. P., Kroes, A. G.,
... Cahn, W. (2012). Exercise therapy improves mental and physical health in
schizophrenia: a randomised controlled trial. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 127
(6), 464–473.
- Scheewe, T. W., Takken, T., Kahn, R. S., Cahn, W. & Backx, J. G. (2012). Effects
of Exercise Therapy on Cardiorespiratory Fitness in Patients with Schizophrenia.
Medicine & Science in Sports & Exercise, 44 (10), 1834–1842.
- Scheewe, T. W., van Haren, N. E. M., Sarkisyan, G., Schnack, H. G., Brouwer, R. M.,
de Glin, M., ... Cahn, W. (2013). Exercise therapy, cardiorespiratory fitness
and their effect on brain volumes: A randomised controlled trial in patients with
schizophrenia and healthy controls. *European Neuropsychopharmacology*, 23
(7), 675–685.
- Schizophrenia.com. (2014). *Exercise Regenerates Brain of People with Schizophre-
nia*. Zugriff am 14.07.2014 auf [http://forum.schizophrenia.com/t/exercise-
regenerates-brain-of-people-with-schizophrenia/5505](http://forum.schizophrenia.com/t/exercise-regenerates-brain-of-people-with-schizophrenia/5505)
- Schmitt, A., Steyskal, C., Bernstein, H.-G., Schneider-Axmann, T., Parlapani, E., Schaef-
fer, E. L., ... Falkai, P. (2009). Stereologic investigation of the posterior part of the

- hippocampus in schizophrenia. *Acta Neuropathologica*, 117, 395–407.
- Schnabel, G., Harre, H.-D. & Krug, J. (Hrsg.). (2011). *Trainingslehre - Trainingswissenschaft: Leistung, Training, Wettkampf* (2. Aufl.). Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Schüle, K. & Huber, G. (Hrsg.). (2012). *Grundlagen der Sport- und Bewegungstherapie: Prävention, ambulante und stationäre Rehabilitation*. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
- Semkovska, M., Bédard, M.-A., Godbout, L., Limoge, F. & Stip, E. (2004). Assessment of executive dysfunction during activities of daily living in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 69 (2-3), 289–300.
- Shaw, K., Gennat, H., O'Rourke, P. & Del Mar, C. (2006). Exercise for overweight or obesity. *Cochrane Database of Systematic Reviews* (4).
- Srihari, V. H., Phutane, V. H., Ozkan, B., Chwastiak, L., Ratliff, J. C., Woods, S. W. & Tek, C. (2013). Cardiovascular mortality in schizophrenia: Defining a critical period for prevention. *Schizophrenia Research*, 146, 64–68.
- Stathopoulou, G., Powers, M. B., Berry, A. C., Smits, J. A. J. & Otto, M. W. (2006). Exercise interventions for mental health: A quantitative and qualitative review. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 13, 179–193.
- Steen, R. G., Hamer, R. M. & Lieberman, J. A. (2005). Measurement of Brain Metabolites by ¹H Magnetic Resonance Spectroscopy in Patients with Schizophrenia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neuropsychopharmacology*, 30 (11), 1949–1962.
- Steinacker, J. M., Liu, Y. & Reißnecker, S. (2002). Abbruchkriterien bei der Ergometrie. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 53 (7+8), 228–229.
- Strassnig, M. T., Newcomer, J. W. & Harvey, P. D. (2012). Exercise improves physical capacity in obese patients with schizophrenia: Pilot study. *Schizophrenia Research*, 141 (2-3), 284–285.
- Sullivan, E. V., Marsh, L. & Pfefferbaum, A. (2005). Preservation of hippocampal volume throughout adulthood in healthy men and women. *Neurobiology of Aging*, 26 (7), 1093–1098.
- Szabo, A. N., McAuley, E., Erickson, K. I., Voss, M., Prakash, R. S., Mailey, E. L., ... Kramer, A. F. (2011). Cardiorespiratory fitness, hippocampal volume, and frequency of forgetting in older adults. *Neuropsychology*, 25 (5), 545–553.
- Takahashi, H., Sassa, T., Shibuya, T., Kato, M., Koeda, M., Murai, T., ... Okubo, Y. (2012). Effects of sports participation on psychiatric symptoms and brain activations during sports observation in schizophrenia. *Translational Psychiatry*, 2 (3), e96.
- Tanner, R. K., Fuller, K. L. & Ross, M. L. R. (2010). Evaluation of three portable blood lactate analysers: Lactate Pro, Lactate Scout and Lactate Plus. *European Journal of Applied Physiology*, 109 (3), 551–559.
- Techniker Krankenkasse. (2013). „Beweg Dich, Deutschland!": TK-Studie zum Bewegungsverhalten in Deutschland. Hamburg.
- Ten Brinke, L. F., Bolandzadeh, N., Nagamatsu, L. S., Hsu, C. L., Davis, J. C., Miran-Khan, K. & Liu-Ambrose, T. (2014). Aerobic exercise increases hippocampal volume in older women with probable mild cognitive impairment: a 6-month randomised controlled trial. *British journal of sports medicine*.
- Tewes, U. (Hrsg.). (1994). *HAWIE-R: Hamburg-Wechsler Intelligenztest für Erwachsene Revision 1991: Handbuch und Testanweisung*. Bern: Verlag Hans Huber.

- Timmons, J. A., Jansson, E., Fischer, H., Gustafsson, T., Greenhaff, P. L., Riddén, J., ... Sundberg, C. (2005). Modulation of extracellular matrix genes reflects the magnitude of physiological adaptation to aerobic exercise training in humans. *BMC Biology*, 3 (1), 19.
- Trejo, J. L., Carro, E. & Torres-Alemán, I. (2001). Circulating Insulin-Like Growth Factor I Mediates Exercise-Induced Increases in the Number of New Neurons in the Adult Hippocampus. *Journal of Neuroscience*, 21 (5), 1628–1634.
- Trost, S., Platz, B., Usher, J., Scherk, H., Wobrock, T., Ekawardhani, S., ... Gruber, O. (2013). The DTNBP1 (dysbindin-1) gene variant rs2619522 is associated with variation of hippocampal and prefrontal grey matter volumes in humans. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience*, 263 (1), 53–63.
- Tseng, B. Y., Gundapuneedi, T., Khan, M. A., Diaz-Arrastia, R., Levine, B. D., Lu, H., ... Zhang, R. (2013). White matter integrity in physically fit older adults. *NeuroImage*, 82, 510–516.
- Vancampfort, D., De Hert, M., Sweers, K., De Herdt, A., Detraux, J. & Probst, M. (2013). Diabetes, physical activity participation and exercise capacity in patients with schizophrenia. *Psychiatry and clinical neurosciences*, 67 (6), 451–456.
- Vancampfort, D., Probst, M., De Hert, M., Soundy, A., Stubbs, B., Stroobants, M. & De Herdt, A. (2014). Neurobiological effects of physical exercise in schizophrenia: a systematic review. *Disability and Rehabilitation*, Jan 2.
- Vancampfort, D., Probst, M., Scheewe, T., Maurissen, K., Sweers, K., Knapen, J. & De Hert, M. (2011). Lack of physical activity during leisure time contributes to an impaired health related quality of life in patients with schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 129 (2-3), 122–127.
- Vancampfort, D., Probst, M., Sweers, K., Maurissen, K., Knapen, J. & De Hert, M. (2011). Relationships between obesity, functional exercise capacity, physical activity participation and physical self-perception in people with schizophrenia. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 123 (6), 423–430.
- Vancampfort, D., Sweers, K., Probst, M., Maurissen, K., Knapen, J., Minguet, P. & De Hert, M. (2011). Association of the metabolic syndrome with physical activity performance in patients with schizophrenia. *Diabetes & Metabolism*, 37 (4), 318–323.
- Vancampfort, D., Vansteelandt, K., Scheewe, T., Probst, M., Knapen, J., De Herdt, A. & De Hert, M. (2012). Yoga in schizophrenia: a systematic review of randomised controlled trials. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 126, 12–20.
- van Praag, H. (2008). Neurogenesis and Exercise: Past and Future Directions. *Neuro-Molecular Medicine*, 10 (2), 128–140.
- van Praag, H., Christie, B. R., Sejnowski, T. J. & Gage, F. H. (1999). Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96 (23), 13427–13431.
- Varambally, S., Gangadhar, B. N., Thirthalli, J., Jagannathan, A., Kumar, S., Venkatasubramanian, G., ... Nagendra, H. R. (2012). Therapeutic efficacy of add-on yogasana intervention in stabilized outpatient schizophrenia: Randomized controlled comparison with exercise and waitlist. *Indian journal of psychiatry*, 54 (3), 227–232.
- Vaynman, S., Ying, Z., Wu, A. & Gomez-Pinilla, F. (2006). Coupling energy metabolism

- with a mechanism to support brain-derived neurotrophic factor-mediated synaptic plasticity. *Neuroscience*, 139 (4), 1221–1234.
- Visciglia, E. & Lewis, S. (2011). Yoga Therapy as an Adjunctive Treatment for Schizophrenia: A Randomized, Controlled Pilot Study. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 17 (7), 601–607.
- Vogler, A. J., Rice, A. J. & Gore, C. J. (2010). Validity and reliability of the Cortex MetaMax3B portable metabolic system. *Journal of Sports Sciences*, 28 (7), 733–742.
- Vöhringer, P. A., Barroilhet, S. A., Amerio, A., Reale, M. L., Alvear, K., Vergne, D. & Ghaemi, S. N. (2013). Cognitive impairment in bipolar disorder and schizophrenia: a systematic review. *Frontiers in psychiatry*, 4, 87.
- Wakade, C. G., Mahadik, S. P., Waller, J. L. & Chiu, F.-C. (2002). Atypical neuroleptics stimulate neurogenesis in adult rat brain. *Journal of Neuroscience Research*, 69 (1), 72–79.
- Wang, J., Fan, X., Liu, D., Yi, Z., Freudenreich, O., Goff, D. & Henderson, D. C. (2012). Both physical activity and food intake are associated with metabolic risks in patients with schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 140 (1-3).
- Warburton, D. E. R., Charlesworth, S., Ivey, A., Nettlefold, L. & Bredin, S. S. D. (2010). A systematic review of the evidence for Canada's Physical Activity Guidelines for Adults. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7 (39), 1–220.
- Warburton, D. E. R., Katzmarzyk, P. T., Rhodes, R. E. & Shephard, R. J. (2007). Evidence-informed physical activity guidelines for Canadian adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 32, S16–S68.
- Warren, K. R., Ball, M. P., Feldman, S., Liu, F., McMahon, R. P. & Kelly, D. L. (2011). Exercise Program Adherence Using a 5-Kilometer (5K) Event as an Achievable Goal in People With Schizophrenia. *Biological Research for Nursing*, 13 (4), 383–390.
- Watson, C., Andermann, F., Gloor, P., Jones-Gotman, M., Peters, T., Evans, A., ... Leroux, G. (1992). Anatomic basis of amygdaloid and hippocampal volume measurement by magnetic resonance imaging. *Neurology*, 42, 1743–1750.
- Weippert, M., Kreuzfeld, S., Arndt, D. & Stoll, R. (2008). Vergleich eines mobilen Laktatmessgerätes mit einem Laboranalysegerät – Lactatescout vs. Miniphotometer 8. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 59 (2), 46–49.
- Wen, C. P., Wai, J. P. M., Tsai, M. K., Yang, Y. C., Cheng, T. Y. D., Lee, M.-C., ... Wu, X. (2011). Minimum amount of physical activity for reduced mortality and extended life expectancy: a prospective cohort study. *Lancet*, 378, 1244–1253.
- Wichniak, A., Skowerska, A., Chojnacka-Wójtowicz, J., Taflński, T., Wierzbicka, A., Jernajczyk, W. & Jarema, M. (2011). Actigraphic monitoring of activity and rest in schizophrenic patients treated with olanzapine or risperidone. *Journal of psychiatric research*, 45 (10), 1381–1386.
- Wood, S. J., Velakoulis, D., Smith, D. J., Bond, D., Stuart, G. W., McGorry, P. D., ... Pantelis, C. (2001). A longitudinal study of hippocampal volume in first episode psychosis and chronic schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 52, 37–46.
- Woods, S. W. (2003). Chlorpromazine Equivalent Doses for the Newer Atypical Antipsychotics. *The Journal of clinical psychiatry*, 64 (6), 663–667.

- Woolard, A. A. & Heckers, S. (2012). Anatomical and functional correlates of human hippocampal volume asymmetry. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 201, 48–53.
- Woolley, C. S. (1998). Estrogen-Mediated Structural and Functional Synaptic Plasticity in the Female Rat Hippocampus. *Hormones and Behavior*, 34, 140–148.
- Woolley, C. S., Wenzel, H. J. & Schwartzkroin, P. A. (1996). Estradiol Increases the Frequency of Multiple Synapse Boutons in the Hippocampal CA1 Region of the Adult Female Rat. *The Journal of Comparative Neurology*, 373, 108–117.
- World Health Organization. (2001). *The World Health Report 2001: Mental health: New Understanding, New Hope*. Genf: World Health Organization.
- World Health Organization. (2002). *Towards a Common Language for Functioning, Disability and Health: ICF: The International Classification of Functioning, Disability and Health*. Genf: World Health Organization.
- World Health Organization. (2010). *Global recommendations on physical activity for health*. Genf: World Health Organization.
- Wulff, K., Dijk, D.-J., Middleton, B., Foster, R. G. & Joyce, E. M. (2012). Sleep and circadian rhythm disruption in schizophrenia. *The British Journal of Psychiatry*, 200 (4), 308–316.
- Yin, D.-M., Chen, Y.-J., Sathyamurthy, A., Xiong, W.-C. & Mei, L. (2012). Synaptic dysfunction in schizophrenia. *Advances in experimental medicine and biology*, 970, 493–516.
- Zintl, F. & Eisenhut, A. (2001). *Ausdauertraining: Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung* (5. Aufl.). München: BLV Verlagsgesellschaft.
- Zipursky, R. B., Meyer, J. H. & Verhoeff, N. P. (2007). PET And SPECT Imaging in Psychiatric Disorders. *Canadian Journal of Psychiatry*, 52 (3), 146–157.

A Anhang

Tab. A.1. Übersicht über die Mitarbeiter der Studie (nach Arbeitsbereich und Alphabet sortiert)

Initialen	Name	Tätigkeit
Aus dem Bereich der Psychiatrie:		
A. S.	Prof. Dr. med. Andrea Schmitt	Studienkoordinatorin
B. M.	Dr. med. Berend Malchow	Studienarzt
H. F.	Henric Fleige	Studienarzt
J. H.	Julia Huber	Studienärztin
P. F.	Prof. Dr. med. Peter G. Falkai	Initiator und Leiter der Studie
R. B.	Roswitha Bianco	Studiensekretärin
S. D.	Sebastian Dörfler	Studienarzt, Doktorand Neuropsychologie
T. F.	Thorsten Folsche	Studienarzt
Aus dem Bereich der Sportmedizin:		
A. N.	Prof. Dr. med. et Dr. rer. nat. Andree Niklas	Betreuer und Erstgutachter der Promotion
B. A.	Björn Adomßent	Wissenschaftlicher Mitarbeiter
K. K.	Katriona Keller	Doktorandin Sportwissenschaft, Autorin
S. A.	Sabine Asendorf	Medizinisch-technische Assistentin
U. H.-V.	Dr. med. Ursula Hillmer-Vogel	Sportwissenschaftlerin und Ärztin
Andere Arbeitsbereiche:		
B. E.-W.	Prof. Dr. med. Birgit Ertl-Wagner	Radiologin
D. K.	Dr. hum. biol. Daniel Keeser	Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Tab. A.2. Praktische Mitarbeit der Autorin (K. K.) an der Studie

Arbeitsbereich	Aufgaben
Belastungsuntersuchungen	<ul style="list-style-type: none"> • Terminabsprache, • Durchführung von 260 Untersuchungen in Teamarbeit, • Durchführung der Bewegungsanamnesegespräche, • Bestimmung der Trainingsintensität, • Auswertung und Dokumentation, • Durchführung der Evaluation der Intervention, • statistische Auswertung.
Intervention	<ul style="list-style-type: none"> • Terminkoordination, • Einarbeitung der anderen Betreuer, • Betreuung der Ergometer-Einheiten, • Betreuung der kognitiven Trainingseinheiten, • Erprobung und Betreuung der Tischfußball-Einheiten, • Auswertung und Dokumentation der Intervention, • Trainingssteuerung, Kontrolllaktatmessung, • Anschaffung, Ausleihe, Kontrolle und Wartung der Geräte.
Probandenrekrutierung	<ul style="list-style-type: none"> • Werbemaßnahmen (Aushänge, Anzeigen, Zeitungsartikel, Kontaktaufnahme zu Wohneinrichtungen u. a.), • Kontaktaufnahme zu Interessenten, • Erstellen einer Liste der Interessenten, • Auswahl geeigneter Kontrollprobanden (Matching), • Führen einer Teilnehmer- und Dropoutliste.
Dateneingabe	<ul style="list-style-type: none"> • ... der Daten der Belastungsuntersuchungen, • ... der Daten der Intervention, • ... der Medikation, • ... der Daten der Arztgespräche, • ... der Daten der allgemeinen Untersuchungen, • Erstellung einer detaillierten Medikamentenliste, • Berechnung der CPZ-Äquivalente.
MRT-Auswertung	<ul style="list-style-type: none"> • Auswahl, Abholung und Sortierung der MRT-Datensätze, • Dateneingabe zur Berechnung von Korrelationen (DTI), • Ermittlung der Fehlerhäufigkeiten für die n-back-Aufgabe (fMRT), • Ergänzung des Scripts für die Umbenennung der Dateien, • Erstellung einer digitalen hum-Nr.-Liste für die manuelle Segmentierung, • Überarbeitung des Segmentierungsprotokolls, • manuelle Bearbeitung von 382 Hippocampi.

Auflistung der Leitsymptome nach Dilling (2005, S. 104f):

1. Gedankenlautwerden, -eingung, -entzug, -ausbreitung.
2. Kontroll- oder Beeinflussungswahn; Gefühl des Gemachten bzgl. Körperbewegungen, Gedanken, Tätigkeiten oder Empfindungen; Wahnwahrnehmungen.
3. Kommentierende oder dialogische Stimmen.
4. Anhaltender, kulturell unangemessener oder völlig unrealistischer Wahn (bizarrer Wahn).
5. Anhaltende Halluzinationen jeder Sinnesmodalität.
6. Gedankenabreißen oder -einschiebungen in den Gedankenfluss.
7. Katatone Symptome wie Erregung, Haltungsstereotypien, Negativismus oder Stupor.
8. Negative Symptome wie auffällige Apathie, Sprachverarmung, verflachter oder inadäquater Affekte.

Für die Diagnosestellung müssen „mindestens ein eindeutiges Symptom (zwei oder mehr, wenn weniger eindeutig) der oben genannten Gruppen 1-4 oder mindestens zwei Symptome der Gruppen 5-8 (...) fast ständig während eines Monats oder länger deutlich vorhanden“ sein (Dilling, 2005, S. 104f).

Abb. A.1. Schematische Übersicht unterschiedlicher Erkrankungsverläufe, die die Unterscheidung verschiedener Verlaufsbilder notwendig machen: kontinuierlicher oder episodischer Verlauf mit zunehmendem oder stabilem Residuum oder unvollständige bzw. vollständige Remission aus Falkai (2003, S. 40)

Einschlusskriterien:

- „Weibliche und männliche Patienten mit der Diagnose einer Schizophrenie basierend auf Kriterien der ICD-10 und DSM-IV
- Alter zwischen 18 und 55 Jahren
- Verbaler IQ ≥ 85
- Stabile Psychopathologie und konstante Medikation seit zwei Wochen
- Schriftliches Einverständnis“

Ausschlusskriterien:

„Patienten, die

- nicht Willens oder in der Lage sind an dem sportlichen Programm und/oder dem kognitiven Training teilzunehmen
- eine signifikante Verschlechterung des psychopathologischen Befundes im Screening-Zeitraum (2 Wochen) zeigen (Verschlechterung $> 20\%$ im PANSS Positive Summenscore)
- eine schwere oder instabile körperliche Erkrankung (z. B. Asthma, Erkrankung der Herzkranzgefäße) oder eine organische ZNS-Erkrankung (z. B. Hydrozephalus, Hirntumor) oder eine schwere Kopfverletzung (Schädel-Hirn-Trauma) haben
- einen aktuellen Substanzmissbrauch betreiben
- die Bedingungen, bei denen eine (f)MRT nicht zur Anwendung kommen darf, wie z. B. Herzschrittmacher, Medikamentenpumpen usw. oder Metallteile (z. B. Schrauben nach Knochenbruch) im oder am Körper tragen
- schwanger sind (Schwangerschaftstest) oder innerhalb des Studienzeitraums werden wollen, oder sich in der Stillzeit befinden“

Abb. A.2. Übersicht über Ein- und Ausschlusskriterien aus Falkai (31.08.2009, S. 13): Als Reaktion auf geringe Rekrutierungsfortschritte wurde die Altersobergrenze auf 60 Jahre heraufgesetzt.

RPE - Skala: Leistungsempfinden	
6	Sehr, sehr leicht
7	
8	Sehr leicht
9	
10	Recht leicht
11	
12	Etwas anstrengend
13	
14	Anstrengend
15	
16	Sehr anstrengend
17	
18	Sehr, sehr anstrengend
19	
20	

Abb. A.3. Im Training und bei den Belastungsuntersuchungen verwendete Skala für die Abfrage des Anstrengungsempfindens (RPE-Skala, Rating of Perceived Exertion) nach Borg und Noble (1974)

Tab. A.3. Standardvorgehensweise bei Trainingseinheiten der Ausdauergruppen

Zeit [min:s]	Akteur	Tätigkeit
-01:00	Betreuer	Trainingsdaten-Ordner im Studiensekretariat abholen
00:00	Betreuer/Proband	Treffen am Studiensekretariat
00:30	Betreuer/Proband	Weg zum Trainingsraum
02:00	Betreuer	Raum aufschließen, Licht anschalten, Fenster kippen
02:00	Proband	evtl. umkleiden
02:30	Betreuer	Kontraindikationen beachten
02:30	Betreuer	Speicherkarten in die Ergometer stecken
03:00	Betreuer/Proband	Polar-Brustgurt anlegen
05:00	Betreuer	Handtuch und Wasser anbieten
05:30	Betreuer	Ergometer richtig einstellen (Sattel, Lenker)
06:00	Proband	Besteigen des Ergometers
06:30	Betreuer	Ergometer einschalten
07:00	Betreuer	Programm einstellen, Vorstart-Herzfrequenz protokollieren
07:30	Betreuer/Proband	Startsignal und Trainingsbeginn, Start der Stoppuhr
ab 07:30	Betreuer	Abbruchkriterien beachten
ab 07:30	Betreuer	evtl. Unterbrechungen und Abbrüche protokollieren
08:00	Betreuer	Ausfüllen des oberen Teils des Protokollbogens
16:30	Betreuer	Protokollieren der Herzfrequenz und des <i>RPE</i> -Wertes
26:30	Betreuer	Protokollieren der Herzfrequenz und des <i>RPE</i> -Wertes
36:30	Betreuer	Protokollieren der Herzfrequenz und des <i>RPE</i> -Wertes
37:30	Betreuer/Proband	Stoppsignal und Trainingsende, Stopp der Stoppuhr
38:00	Betreuer	Ergometer ausschalten, Trainingsdauer notieren
38:00	Proband	Ablegen des Brustgurtes und evtl. umkleiden
39:00	Betreuer	Speicherkarten entnehmen
40:00	Proband	Unterschrift auf der Anwesenheitsliste
41:00	Proband	Verlassen des Gebäudes
41:30	Betreuer	Reinigung der Brustgurte und Ergometer
43:00	Betreuer	Fenster schließen, Licht löschen, Raum abschließen
45:00	Betreuer	Ordner ins Studiensekretariat zurückbringen
ab 45:00		Sicherung der Daten auf Studienlaptop

Protokollbogen zum aeroben Ausdauertraining auf dem Fahrradergometer in der Intervention der Studie „Exercise II“

Probandennummer		Sattelhöhe	
Lenkerstellung		Position des Sattels	

	Einheit	Einheit	Einheit	Einheit	Einheit	Einheit	Einheit	Einheit	Einheit
KW, Datum, Uhrzeit									
Name des Betreuers									
Raumtemperatur									
Ergometer-Nr.									
Polartester-Nr.									
Leistung [Watt]									
Trainingsdauer [min:s]									
Vorzeitiger Abbruch:									
Gründe									
Unterbrechung:									
Zeitpunkt(nach...min:s)									
Dauer [min:s]									
Gründe									
Vorstart-HR									
RPE, HR 10. Minute									
RPE, HR 20. Minute									
RPE, HR 30. Minute									
Äußerungen zum Anstrengungs-empfinden									
Weitere Beobachtungen									
Daten gesichert?									

Abb. A.4. Protokollbogen zur Trainingsdokumentation in der Ausdauerintervention (Vorlage)

Tab. A.4. Standardvorgehensweise bei Trainingseinheiten der Tischfußballgruppe

Zeit [min:s]	Akteur	Tätigkeit
-06:00	Betreuer	Trainingsdaten-Ordner im Studiensekretariat abholen
-01:00	Betreuer	Rollwagen mit Messinstrumenten u. a. von Station holen
00:00	Betreuer/Proband	Treffen am Spieltisch
01:00	Betreuer	Fenster kippen für Belüftung
01:30	Betreuer	Kontraindikationen beachten
02:00	Betreuer/Proband	Brustgurt anlegen und Messmodus der Uhren starten
03:30	Betreuer	Vorstartherzfrequenz kontrollieren und protokollieren
04:30	Proband	Spielposition einnehmen
05:00	Proband	Stoppuhrfunktion der Pulsuhr starten
06:00	Betreuer/Proband	Startsignal, Start der Stoppuhr, Spielstart
ab 06:30	Betreuer	Abbruchkriterien beachten
ab 06:30	Betreuer	evtl. Unterbrechungen und Abbrüche protokollieren
07:00	Betreuer	Ausfüllen des oberen Teils des Protokollbogens
14:30	Betreuer	Protokollieren von Herzfrequenz und <i>RPE</i> -Wert
24:30	Betreuer	Protokollieren von Herzfrequenz und <i>RPE</i> -Wert
35:00	Betreuer/Proband	Stoppsignal und Spielende, Stopp der Stoppuhr
35:30	Betreuer	Protokollieren von Herzfrequenz, <i>RPE</i> -Wert und Spieldauer
36:30	Proband	Ablegen des Brustgurtes
39:30	Proband	Unterschrift auf der Anwesenheitsliste
40:00	Proband	Verlassen des Gebäudes
40:30	Betreuer	Reinigung der Brustgurte
42:30	Betreuer	Fenster schließen
43:00	Betreuer	Rollwagen zurückbringen
49:00	Betreuer	Ordner ins Studiensekretariat zurückbringen
ab 50:00		Sicherung der Daten auf Studienlaptop

Protokollbogen zum Tischfußball spielen in der Intervention der Studie „Exercise II“

Probandennummer:

	Einheit	Einheit	Einheit	Einheit	Einheit	Einheit	Einheit	Einheit	Einheit
KW, Datum, Uhrzeit									
Name des Betreuers									
Betreuer mitgespielt?									
Raumtemperatur									
Polar Uhr-Nr.									
Polar Gurt-Nr.									
Trainingsdauer [min:s]									
Vorzeitiger Abbruch:									
Gründe									
Unterbrechung:									
Zeitpunkt (nach...min:s)									
Dauer [min:s]									
Gründe									
Vorstart-HR									
RPE, HR 10. Minute									
RPE, HR 20. Minute									
RPE, HR 30. Minute									
Weitere Beobachtungen oder Äußerungen									
Spieleranzahl									
Spielintensität									
Daten gesichert?									

Abb. A.5. Protokollbogen zur Trainingsdokumentation in der Tischfußballintervention (Vorlage)

Abb. A.6. Fotos des Raums und der Geräte des kognitiven Trainings

Abb. A.7. Screenshots der Übung „Merken“ (Variante: Namen 4er-Packs) aus der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)

Abb. A.8. Screenshots der Übung „Route“ aus der Software COGPack Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)

Abb. A.9. Screenshots der Übung „Merken“ (Variante: Formen 3er-Packs) aus der Software COGPack Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)

Abb. A.10. Screenshots der Übung „Schilderwald“ aus der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)

Abb. A.11. Screenshots der Übung „Merken“ (Variante: Einkaufsliste einzeln) aus der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)

Abb. A.12. Screenshots der Übung „Labyrinth“ aus der Software COGPack Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)

Abb. A.13. Screenshots der Übung „Neu oder nicht“ aus der Software COGPack Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)

Abb. A.14. Screenshots der Übung „Merken“ (Variante: Namensliste 1 Page) aus der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)

Abb. A.15. Screenshots der Übung „Folge“ aus der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)

Abb. A.16. Screenshots der Übung „Bildarchiv“ aus der Software COGPACK Version 8.19 D/8.30 DE (marker software, Ladenburg, Deutschland)

Institut für Sportwissenschaften der Universität Göttingen
Sprangerweg 2, 37075 Göttingen

Untersuchung zur Studie "Exercise II"

Belastungsuntersuchung

Visite: 1

Datum:

Uhrzeit:

Sport- und Bewegungsanamnese

Nachname:

Vorname:

Gewicht:

Größe:

Geburtsdatum:

Raucher:

☐ Männlich
☐ Weiblich

Datum der letzten Menstruationsblutung:

Hormonelle Empfängnisverhütung:

☐ Nein
☐ Ja, Medikamentenname:

Datum des letzten Schwangerschaftstests: Ergebnis des Tests:

Beruf:

Berufstätig: ☐ Ja ☐ Nein, seit:

Behandlungsform:

Genauere Aufnahme der Bewegungsgewohnheiten (früher bis Untersuchungstag Visite 1)	Art der Tätigkeit	Intensität 1-4 (s.u.)	Häufigkeit je Woche	Stunden je Woche	Zeitraum (von ... bis ...)
Körperliche Tätigkeiten im Beruf					
...in den letzten 4 Wochen:	BEISPIEL: Tragen	2	3	15	Von Januar bis jetzt
...					
...zusätzlich früher auch:					
...					
Bewegung in der Freizeit					
...in den letzten 4 Wochen:					
...					
...zusätzlich früher auch:					
...					
Regelmäßige sportliche Tätigkeiten					
...in den letzten 4 Wochen:					
...					
...zusätzlich früher auch:					
...					

Teilnahme an Sportgruppen oder Ähnlichem: ☐ Nein ☐ Ja, Art:

Mitglied in einem Sportverein/Fitnesscenter o.Ä.: ☐ Nein ☐ Ja, Name:

Früher Leistungssport betrieben: ☐ Nein ☐ Ja, Sportart:

Zeitraum:

Letzte Erkrankung:

Letztes Training:

Letzte Mahlzeit:

Aufstehen:

Im Besitz eines Fahrrads: ☐ Nein ☐ Ja

Vorerfahrung mit Untersuchungsmethode:

Bemerkungen: Einschätzung des eigenen Aktivitätsniveaus?

Sportstunden / Woche: ☐ <1 ☐ 1-3 ☐ 3-6 ☐ >6 (=)

Programm:

Erklärung zur Skala der Bewertung der Intensität/„Arbeitsschwere“ s.o.: sehr leicht (1), leicht (2), etwas anstrengend (2-3), anstrengend (3), schwer (4)

Abb. A.17. Anamnesebogen zur Bewegungsanamnese der Visite 1 (Vorlage)

Fragebogen zur Evaluation der Trainingsintervention der Studie „Exercise II“ (V3)

- 1 Wie hat Ihnen das Training auf den Fahrradergometern gefallen?
Bewerten Sie das Training mit 0 bis 10 Punkten. Dabei bedeutet
0 „Es hat mir gar nicht gefallen.“ und 10 „Es hat mir sehr gut gefallen.“

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

(Bitte ankreuzen.)

- 2 Wie würden Sie das Training mit eigenen Worten bewerten?

- 3 Was hat Ihnen besonders gut gefallen?

- 4 Was hat Ihnen gar nicht gefallen?

- 5 Was haben Sie vermisst?

- 6 Wie haben Sie sich nach dem Training gefühlt?

- 7 Welche Vorschläge und Anregungen haben Sie für die Organisatoren der Studie ?

- 8 Welche Vorschläge und Anregungen möchten Sie den Studenten geben, die Ihr Training betreut haben?

- 9 Welche Tipps, Ratschläge oder Hinweise würden Sie anderen Probanden geben, die nach Ihnen am Training teilnehmen werden?

- 10 Denken Sie, dass Ihnen das Training gut getan hat oder hatte es einen negativen Effekt?

Raum für andere Bemerkungen:

Abb. A.18. Evaluationsbogen der Visite 3 (Vorlage)

Fragebogen zur Evaluation der Trainingsintervention der Studie „Exercise II“ (V4)

- 1 Wie hat Ihnen das Training auf den Fahrradergometern gefallen?
Bewerten Sie das Training mit 0 bis 10 Punkten. Dabei bedeutet
0 „Es hat mir gar nicht gefallen.“ und 10 „Es hat mir sehr gut gefallen.“
☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10
(Bitte ankreuzen.)

- 2 Wie würden Sie das Training mit eigenen Worten bewerten?

- 3 Hat sich durch die Trainingsphase, deren Ende jetzt drei Monate zurück liegt,
etwas bei Ihnen verändert?

- 4 Haben Sie Interesse nach Beendigung der Studie an sporttherapeutischen
Angeboten teilzunehmen?
☐ ja ☐ nein ☐ Ich kann mich nicht entscheiden.
(Bitte ankreuzen.)

- 5 Zu welchen Aktivitäten hätten Sie Lust? (Bitte ankreuzen.)

☐	Fahrradfahren
☐	Laufen
☐	Gehen oder Walking
☐	Schwimmen
☐	Sonstige: _____

- 6 Wo machen Sie lieber Sport? (Bitte ankreuzen.)

☐	In einem Raum in der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie
☐	In einem Raum in einem anderen Gebäude
☐	Draußen in der Nähe der Klinik
☐	Draußen in der Nähe der Wohnung oder des Wohnorts

Raum für andere Bemerkungen:

Abb. A.19. Evaluationsbogen der Visite 4 (Vorlage)

Tab. A.5. Standardvorgehensweise bei den Belastungsuntersuchungen

Zeit [min:s]	Akteur	Tätigkeit
-45:00	Personal	Vorbereitung des Raumes und der Geräte
00:00	Proband (Begleiter)	Eintreffen im Untersuchungsraum
02:00	Personal/Proband	Gespräch zur Bewegungsanamnese
	Personal (Begleiter)	Abprache Medikation, Kontraindikationen
12:00	Personal	Entscheidung über das Programm
15:00	Proband	umkleiden
17:00	Personal/Proband	Instruktion
20:00	Personal/Proband	1. Blutdruckmessung
21:00	Personal/Proband	Anlegen des Polar-Brustgurtes
22:00	Personal/Proband	Einstellen des Ergometers
23:00	Personal	Finalgon
24:00	Personal	Messung Raumluft
27:00	Personal	Finalgon entfernen
28:00	Personal/Proband	Anlegen der Messsensoren
29:00	Personal/Proband	Anlegen der Maske
30:00	Personal	Start der Messung zur Vorstartphase
31:00	Personal	erste Blutabnahme
32:00	Proband	Beginn erste Stufe
34:20	Personal	Blutabnahme
34:30	Personal/Proband	RPE-Abfrage
35:00	Proband	Beginn zweite Stufe
usw.	usw.	usw.
z. B. 42:00	Proband	Abbruch und Beginn der Nachbelastungsphase
45:00	Personal/Proband	Ende der Messung und Belastung
46:00	Personal	Abbau der Geräte
49:00	Proband	umkleiden
55:00	Personal/Proband	2. Blutdruckmessung
56:00	Proband (Begleiter)	Verlassen des Raumes
56:00	Personal	Reinigung, Datensicherung, Nachbereitungen

Abb. A.20. Beispiel für einen sehr flachen Herzfrequenzanstieg (HR) in der Belastungsuntersuchung zur Veranschaulichung der Schwierigkeiten bei der Erhebung der PWC150- und PWC170-Werte

CGI (Clinical Global Impression)	
<p>1. Schweregrad der Krankheit</p> <p>Ziehen Sie Ihren gesamten Erfahrungsschatz an dieser Art von Krankheit in Betracht, und geben Sie an, wie hoch Sie den jetzigen Grad der seelischen Erkrankungen des Patienten einschätzen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ 0 Nicht beurteilbar ☐ 1 Patient ist überhaupt nicht krank ☐ 2 Patient ist ein Grenzfall psychiatr. Behandlung ☐ 3 Patient ist nur leicht krank ☐ 4 Patient ist mäßig krank ☐ 5 Patient ist deutlich krank ☐ 6 Patient ist schwer krank ☐ 7 Patient gehört zu den extrem schwer Kranken 	<p>2. Gesamtbeurteilung der Zustandsänderung</p> <p>Beurteilen Sie dabei die Zustandsänderung insgesamt, also nicht nur das Ergebnis der Medikamentenbehandlung. Bitte vergleichen Sie den jetzigen Zustand des Patienten mit dem zu Beginn der Behandlung, und geben Sie an, inwieweit sich das Krankheitsbild des Patienten geändert hat.</p> <ul style="list-style-type: none"> ☐ 0 Nicht beurteilbar ☐ 1 Zustand ist sehr viel besser ☐ 2 Zustand ist viel besser ☐ 3 Zustand ist nur wenig besser ☐ 4 Zustand ist unverändert ☐ 5 Zustand ist etwas schlechter ☐ 6 Zustand ist viel schlechter ☐ 7 Zustand ist sehr viel schlechter

Abb. A.21. CGI-Vorlage aus der Case Report Form (Clinical Global Impressions nach Guy (1976, S. 218))

GAF

BEACHTEN: Man bewerte die **niedrigste** Stufe der psychischen und sozialen Leistungsfähigkeit des Patienten in der letzten **zurückliegenden Woche**. Man verwende Zwischenstufen (z. B. 35, 58, 63).

100 - 91	Hervorragende Leistungsfähigkeit in einem breiten Spektrum von Aktivitäten; Schwierigkeiten im Leben scheinen nie außer Kontrolle zu geraten; wird von anderen wegen einer Vielzahl positiver Qualitäten geschätzt. Der Patient hat keinerlei Symptome.
90 - 81	Keine oder nur minimale Symptome; gute Leistungsfähigkeit in allen Gebieten; interessiert sich vielseitig; entwickelt viele Aktivitäten; gute soziale Anpassung; im allgemeinen zufrieden mit dem Leben, übliche Alltagsprobleme oder -sorgen.
80 - 71	Wenn Symptome vorliegen, sind diese vorübergehende oder zu erwartenden Reaktionen auf psychosoziale Belastungsfaktoren (z. B. Konzentrationsstörungen nach einem Familienstreit); höchstens leichte Beeinträchtigung der sozialen, beruflichen und schulischen Leistungsfähigkeit (z. B. zeitweises Zurückbleiben in der Schule).
70 - 61	Einige leichte Symptome sind vorhanden (z.B. depressive Stimmung, leichte Schlaflosigkeit); oder es gibt Schwierigkeiten in den verschiedenen Leistungsbereichen, aber im allgemeinen ist jedoch die Leistungsfähigkeit recht gut; einige bedeutsame zwischenmenschliche Beziehungen werden aufrecht erhalten (die meisten Laien würden den Patienten nicht als krank ansehen)
60 - 51	Mäßig ausgeprägte Symptome (z. B. Affektverflachung, weitschweifige Sprache, gelegentliche Panikattacken) sind vorhanden, oder es besteht eine mäßig eingeschränkte Leistungsfähigkeit (z.B. wenige Freunde, Konflikte mit Arbeitskollegen oder Bezugspersonen).
50 - 41	Ernsthafte Symptome (z. B. Suizidgedanken, schwere Zwangsrituale, häufige Ladendiebstähle) oder starke Leistungseinbußen bzw. starke Beeinträchtigung der sozialen, beruflichen oder schulischen Leistungsfähigkeit (z. B. keine Freunde, Unfähigkeit, eine Arbeitsstelle zu behalten)
40 - 31	Schwere Beeinträchtigung auf verschiedenen Gebieten (vor allem Arbeit, familiäre Beziehungen, Urteilsvermögen, Denken, Stimmung; z.B. Meiden der Freunde; Vernachlässigung der Familie; nicht mehr in der Lage, den Haushalt zu bewältigen; gestörte Realitätseinschätzung; gestörtes Kommunikationsverhalten manchmal unverständliche Sprachgestaltung; oder ernsthafter Suizidversuch).
30 - 21	Leistungsunfähigkeit in fast allen Gebieten (z.B. bleibt täglich im Bett); oder das Verhalten ist erheblich beeinflusst durch Wahnvorstellungen und Halluzinationen; oder schwere Beeinträchtigung der Kommunikation (z.B. manchmal im Denken inkohärent oder nicht ansprechbar) oder des Urteilsvermögens (z.B. grob auffällige unangemessene Handlungen).
20 - 11	Benötigt irgendeine Art der Überwachung (Selbst- und Fremdgefährdung), um nicht sich selbst oder andere zu verletzen, oder um eine minimale persönliche Hygiene aufrechtzuerhalten (z.B. wiederholte Suizidversuche sind vorgekommen); wird häufig gewalttätig; verschmiert die Faeces; oder massive Beeinträchtigung der Kommunikationsfähigkeit (durchgehend inkohärent oder mutistisch).
10 - 1	Braucht ständig Überwachung für mehrere Tage, um sich oder andere nicht zu verletzen; oder macht keine Anstalten, eine minimale körperliche Hygiene aufrecht zu erhalten (es ist z.B. eine intensive Pflege und eine besondere Überwachung durch das Personal notwendig); oder ernsthafter Selbstmordversuch mit eindeutiger Tötungsabsicht.

Wert: _____

Abb. A.22. GAF-Vorlage aus der Case Report Form (Skala zur Erfassung des allgemeinen Funktionsniveaus nach Saß et al. (2003, S. 24f))

Abb. A.23. Tortendiagramm der alltäglichen Wege per Rad oder zu Fuß der TK-Studie zum Bewegungsverhalten der Deutschen aus Techniker Krankenkasse (2013, S. 9)

Tab. A.6. Chlorpromazin-Äquivalenzdosis und Umrechnungsfaktoren nach Möller et al. (2000, 2001); Woods (2003); Benkert und Hippus (2013)

Wirkstoff	Äquivalenzdosis [mg]	Umrechnungsfaktor
Amisulprid	50	2
Aripiprazol	7,5	13,3
Chlorpromazin	100	1
Clozapin	100	1
Flupentixol	2	50
Haloperidol	2	50
Melperon	100	1
Olanzapin	5	20
Perphenazin	6,7	15
Pimozid	2	50
Pipamperon	170	0,6
Promethazin	200	0,5
Prothipendyl	200	0,5
Quetiapin	75	1,3
Risperidon	2	50
Ziprasidon	60	1,7

Tab. A.7. Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen für zwei ausgewählte Patienten der Ausdauergruppe im Vergleich von Visite 1 bis 5: Die Physical Working Capacity (PWC) wurde durch lineare Inter- und Extrapolation bestimmt und die Leistung bei festgelegten Laktatkonzentrationen (P_{La}) durch Inter- und Extrapolation mit einem Polynom 3. Grades (- = Wert wurde nicht erreicht oder konnte nicht bestimmt werden). Der für die Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$) angegebene Wert entspricht dem höchsten gleitenden Mittelwert über jeweils 15 Atemzüge. Die maximal im Test erreichte Leistung (P) errechnet sich über die Summe aus der Leistung der letzten vollendeten Stufe plus 0,1389 Watt pro Sekunde der angetretenen letzten Stufe.

	Patient 09 Ausdauer	Patient 17 Ausdauer
<i>PWC130</i>		
Visite 1 [W]	135	141
Visite 3 [W]	164	186
Visite 4 [W]	188	164
Visite 5 [W]	223	163
<i>PWC150</i>		
Visite 1 [W]	170	216
Visite 3 [W]	213	230
Visite 4 [W]	231	224
Visite 5 [W]	252	222
<i>PWC170</i>		
Visite 1 [W]	206	249
Visite 3 [W]	264	307
Visite 4 [W]	279	293
Visite 5 [W]	309	321
<i>P_{La2}</i>		
Visite 1 [W]	162	170
Visite 3 [W]	196	193
Visite 4 [W]	212	-
Visite 5 [W]	193	141
<i>P_{La3}</i>		
Visite 1 [W]	178	192
Visite 3 [W]	214	233
Visite 4 [W]	-	114
Visite 5 [W]	221	214
<i>P_{La4}</i>		
Visite 1 [W]	190	206
Visite 3 [W]	227	260
Visite 4 [W]	-	235
Visite 5 [W]	240	241

Tab. A.7. (Fortsetzung)

	Patient 09 Ausdauer	Patient 17 Ausdauer
$\dot{V}_{O_2}$		
Visite 1 [l/min]	2,54	3,32
Visite 3 [l/min]	3,01	4,10
Visite 4 [l/min]	2,83	4,34
Visite 5 [l/min]	3,26	3,77
P		
Visite 1 [W]	200	225
Visite 3 [W]	225	266
Visite 4 [W]	234	254
Visite 5 [W]	243	249

Tab. A.8. Maximal in den Belastungsuntersuchungen erreichte Leistung und Sauerstoffaufnahme für die Interventionsgruppen ohne Berücksichtigung der Ausbelastung als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung für den Zeitraum von Visite 1 bis 5: Der für die Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$) angegebene Wert entspricht dem höchsten gleitenden Mittelwert über jeweils 15 Atemzüge. Die maximal im Test erreichte Leistung (P) errechnet sich über die Summe aus der Leistung der letzten vollendeten Stufe plus 0,1389 Watt pro Sekunde der angetretenen letzten Stufe.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
$\dot{V}_{O_2}$			
n	21	20	21
Visite 1 [l/min]	2,487 $\pm$ 0,750	3,006 $\pm$ 0,661	2,731 $\pm$ 0,740
Visite 3 [l/min]	2,586 $\pm$ 0,843	2,986 $\pm$ 0,726	2,633 $\pm$ 0,669
p-Wert	0,309	0,772	0,238
P			
n	21	22	21
Visite 1 [W]	157,1 $\pm$ 48,6	205,4 $\pm$ 40,6	170,2 $\pm$ 42,9
Visite 3 [W]	171,0 $\pm$ 52,4	219,4 $\pm$ 46,7	171,6 $\pm$ 46,0
p-Wert	0,003	0,005	0,584
$\dot{V}_{O_2}$			
n	19	20	18
Visite 3 [l/min]	2,579 $\pm$ 0,849	2,950 $\pm$ 0,701	2,650 $\pm$ 0,640
Visite 4 [l/min]	2,471 $\pm$ 0,942	3,050 $\pm$ 0,727	2,566 $\pm$ 0,747
p-Wert	0,252	0,323	0,404

Tab. A.8. (Fortsetzung)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>P</i>			
n	20	21	20
Visite 3 [W]	168,3 ± 52,2	217,8 ± 47,3	171,0 ± 47,1
Visite 4 [W]	152,4 ± 59,6	207,4 ± 38,4	170,3 ± 49,6
<i>p</i> -Wert	0,017	0,036	0,671
$\dot{V}_{O_2}$			
n	18	18	
Visite 4 [l/min]	2,438 ± 0,949	3,078 ± 0,739	
Visite 5 [l/min]	2,532 ± 0,814	3,036 ± 0,627	
<i>p</i> -Wert	0,364	0,674	
<i>P</i>			
n	19	18	
Visite 4 [W]	158,8 ± 63,6	211,6 ± 36,7	
Visite 5 [W]	159,4 ± 59,4	208,1 ± 46,5	
<i>p</i> -Wert	0,905	0,555	

Tab. A.9. Zusammenstellung der Korrelationen der Parameter der Belastungsuntersuchungen bezüglich der Zusammenhänge mit Geschlecht, Alter und Körpermasse für den Zeitraum Visite 1 bis 5 (Mit (*), (**) oder (***) sind statistisch signifikante Unterschiede des Vergleichs der Mittelwerte der weiblichen und männlichen Subgruppen kennzeichnet).

	Geschlecht				Alter				Körpermasse			
	Eta				r, bei RPE und objektiver Ausbelastung τ (oben) und ρ (unten)							
	V1	V3	V4	V5	V1	V3	V4	V5	V1	V3	V4	V5
Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen												
PWC130	0,351(**)	0,494(**)	0,368(**)	0,509(**)	−0,023	0,029	0,033	−0,030	0,003	0,217	0,184	0,201
PWC150	0,515(**)	0,503(**)	0,459(**)	0,541(**)	0,014	0,034	−0,008	−0,020	−0,044	0,367**	0,357**	0,409*
PWC170	0,487(**)	0,468(**)	0,441(**)	0,518(**)	−0,029	−0,015	−0,046	−0,013	−0,022	0,412**	0,380**	0,278
P_{La_2}	0,354(**)	0,388(**)	0,272(*)	0,439(**)	−0,198	−0,186	−0,159	−0,061	−0,050	0,041	0,119	0,011
P_{La_3}	0,499(**)	0,449(**)	0,362(**)	0,452(**)	−0,276*	−0,228	−0,243	−0,084	−0,080	0,095	0,244	−0,136
P_{La_4}	0,535(**)	0,496(**)	0,417(**)	0,505(**)	−0,266*	−0,241	−0,222	−0,094	−0,106	0,136	0,250**	−0,043
$\dot{V}_{O_2}$	0,567(**)	0,661(**)	0,461(**)	0,514(**)	−0,544**	−0,426**	−0,412**	−0,275	0,364*	0,394**	0,077	0,114
P	0,523(**)	0,594(**)	0,380(*)	0,415(*)	−0,444**	−0,386**	−0,388**	−0,327	0,306*	0,375**	−0,001	−0,121
Einzelne Höchstwerte und Mittelwerte aus den letzten 30 Testsekunden												
AR	0,180	0,249(*)	0,254(*)	0,235	−0,181	−0,048	−0,227	−0,038	−0,173	−0,136	−0,040	−0,183
RQ	0,092	0,103	0,099	0,098	0,249*	0,017	0,031	−0,056	−0,187	−0,093	−0,156	−0,228
$\Delta\ddot{A}_{O_2}$	0,025	0,093	0,182	0,164	0,372**	0,253*	0,202	0,130	−0,117	−0,066	−0,106	−0,034
HR	0,132	0,159	0,195	0,127	−0,486**	−0,428**	−0,378**	−0,302	−0,291*	−0,256*	−0,104	−0,410*
La	0,044	0,227	0,207	0,099	−0,111	−0,141	−0,305**	−0,131	−0,381**	−0,189	−0,152	−0,239
RPE	0,071	0,130	0,138	0,054	0,119	0,007	0,019	−0,093	−0,093	−0,135	−0,025	−0,094
					0,159	0,024	0,040	−0,126	−0,193	−0,190	−0,036	−0,111
obj. Ausbelastung	0,151	0,078	0,242	0,136	0,027	0,012	−0,113	−0,100	−0,165	−0,202*	−0,118	−0,200
					0,036	0,024	−0,141	−0,124	−0,222	−0,273*	−0,172	−0,284

Tab. A.10. Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen für die Interventionsgruppen unter Einbezug des Alters als Kovariate als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 1 und 3: Die Physical Working Capacity (PWC) wurde durch lineare Inter- und Extrapolation bestimmt und die Leistung bei festgelegten Laktatkonzentrationen (P_{La}) durch Inter- und Extrapolation mit einem Polynom 3. Grades. Der für die Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$) angegebene Wert entspricht dem höchsten gleitenden Mittelwert über jeweils 15 Atemzüge. Die maximal im Test erreichte Leistung (P) errechnet sich über die Summe aus der Leistung der letzten vollendeten Stufe plus 0,1389 Watt pro Sekunde der angetretenen letzten Stufe.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>PWC130</i>			
<i>n</i>	19	22	18
Visite 1 [W]	95,2 $\pm$ 29,5	106,9 $\pm$ 32,1	96,1 $\pm$ 29,1
Visite 3 [W]	110,6 $\pm$ 36,8	119,5 $\pm$ 34,6	99,1 $\pm$ 34,7
<i>p</i> -Wert	0,007	0,010	0,512
<i>PWC150</i>			
<i>n</i>	20	22	19
Visite 1 [W]	128,5 $\pm$ 43,0	143,6 $\pm$ 38,0	126,0 $\pm$ 44,8
Visite 3 [W]	146,8 $\pm$ 44,1	159,5 $\pm$ 38,1	134,8 $\pm$ 48,6
<i>p</i> -Wert	0,001	< 0,001	0,108
<i>PWC170</i>			
<i>n</i>	19	22	17
Visite 1 [W]	165,2 $\pm$ 45,0	184,7 $\pm$ 44,4	153,7 $\pm$ 44,0
Visite 3 [W]	190,8 $\pm$ 53,0	206,7 $\pm$ 44,1	158,6 $\pm$ 43,1
<i>p</i> -Wert	< 0,001	< 0,001	0,299
<i>P_{La2}</i>			
<i>n</i>	20	22	20
Visite 1 [W]	90,5 $\pm$ 39,8	102,0 $\pm$ 37,5	83,1 $\pm$ 32,0
Visite 3 [W]	98,2 $\pm$ 43,3	119,6 $\pm$ 36,7	89,5 $\pm$ 38,8
<i>p</i> -Wert	0,239	0,020	0,347
<i>P_{La3}</i>			
<i>n</i>	19	21	21
Visite 1 [W]	123,3 $\pm$ 34,9	137,5 $\pm$ 37,0	107,9 $\pm$ 35,4
Visite 3 [W]	125,0 $\pm$ 44,3	150,4 $\pm$ 31,0	116,8 $\pm$ 39,4
<i>p</i> -Wert	0,722	0,012	0,057
<i>P_{La4}</i>			
<i>n</i>	18	22	20
Visite 1 [W]	143,7 $\pm$ 35,7	158,1 $\pm$ 35,0	126,5 $\pm$ 38,4
Visite 3 [W]	145,2 $\pm$ 45,6	169,0 $\pm$ 30,5	136,9 $\pm$ 40,9
<i>p</i> -Wert	0,773	0,005	0,018

Tab. A.10. (Fortsetzung)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
$\dot{V}_{O_2}$			
<i>n</i>	11	15	13
Visite 1 [l/min]	2,566 ± 0,731	3,039 ± 0,627	2,852 ± 0,808
Visite 3 [l/min]	2,839 ± 0,899	3,050 ± 0,709	2,759 ± 0,654
<i>p</i> -Wert	0,090	0,904	0,330
<i>P</i>			
<i>n</i>	11	17	13
Visite 1 [W]	171,3 ± 48,5	207,5 ± 39,8	178,0 ± 48,8
Visite 3 [W]	187,3 ± 53,5	220,0 ± 46,4	181,1 ± 49,4
<i>p</i> -Wert	0,003	0,016	0,317

Tab. A.11. Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen für die Interventionsgruppen unter Einbezug des Alters als Kovariate als Mittelwert ± Standardabweichung im Vergleich von Visite 3 und 4: Die Physical Working Capacity (PWC) wurde durch lineare Inter- und Extrapolation bestimmt und die Leistung bei festgelegten Laktatkonzentrationen (P_{La}) durch Inter- und Extrapolation mit einem Polynom 3. Grades. Der für die Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$) angegebene Wert entspricht dem höchsten gleitenden Mittelwert über jeweils 15 Atemzüge. Die maximal im Test erreichte Leistung (*P*) errechnet sich über die Summe aus der Leistung der letzten vollendeten Stufe plus 0,1389 Watt pro Sekunde der angetretenen letzten Stufe.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>PWC130</i>			
<i>n</i>	19	21	18
Visite 3 [W]	106,0 ± 41,2	116,9 ± 33,1	93,7 ± 32,1
Visite 4 [W]	98,0 ± 41,6	110,4 ± 28,0	84,1 ± 34,0
<i>p</i> -Wert	0,100	0,092	0,018
<i>PWC150</i>			
<i>n</i>	19	21	18
Visite 3 [W]	146,6 ± 45,3	156,9 ± 37,1	132,6 ± 49,0
Visite 4 [W]	143,2 ± 53,7	147,4 ± 32,8	126,8 ± 41,3
<i>p</i> -Wert	0,496	0,032	0,062
<i>PWC170</i>			
<i>n</i>	16	21	16
Visite 3 [W]	185,2 ± 49,0	204,0 ± 43,3	155,3 ± 42,3
Visite 4 [W]	174,1 ± 54,4	190,1 ± 39,3	154,8 ± 41,0
<i>p</i> -Wert	0,052	0,003	0,878

Tab. A.11. (Fortsetzung)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
P_{La_2}			
n	19	19	20
Visite 3 [W]	88,8 ± 37,4	115,7 ± 36,4	86,5 ± 37,1
Visite 4 [W]	82,7 ± 39,1	97,6 ± 25,5	82,2 ± 38,1
p -Wert	0,202	0,021	0,329
P_{La_3}			
n	16	21	20
Visite 3 [W]	119,3 ± 40,5	150,1 ± 31,0	114,6 ± 39,1
Visite 4 [W]	102,8 ± 27,5	134,7 ± 27,5	110,2 ± 40,0
p -Wert	0,072	0,006	0,151
P_{La_4}			
n	15	21	19
Visite 3 [W]	138,5 ± 43,9	168,7 ± 31,2	134,7 ± 40,8
Visite 4 [W]	128,2 ± 42,0	154,8 ± 27,2	131,1 ± 41,2
p -Wert	0,061	0,003	0,184
$\dot{V}_{O_2}$			
n	10	14	9
Visite 3 [l/min]	2,628 ± 0,725	2,904 ± 0,664	2,890 ± 0,588
Visite 4 [l/min]	2,476 ± 0,674	2,993 ± 0,712	2,838 ± 0,733
p -Wert	0,327	0,447	0,797
P			
n	10	15	10
Visite 3 [W]	176,8 ± 48,9	211,5 ± 41,4	190,7 ± 49,9
Visite 4 [W]	164,2 ± 48,6	205,8 ± 37,0	190,9 ± 47,7
p -Wert	0,261	0,276	0,895

Tab. A.12. Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen für die Ausdauergruppen unter Einbezug des Alters als Kovariate als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 4 und 5: Die Physical Working Capacity (PWC) wurde durch lineare Inter- und Extrapolation bestimmt und die Leistung bei festgelegten Laktatkonzentrationen (P_{La}) durch Inter- und Extrapolation mit einem Polynom 3. Grades. Der für die Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$) angegebene Wert entspricht dem höchsten gleitenden Mittelwert über jeweils 15 Atemzüge. Die maximal im Test erreichte Leistung (P) errechnet sich über die Summe aus der Leistung der letzten vollendeten Stufe plus 0,1389 Watt pro Sekunde der angetretenen letzten Stufe.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer
<i>PWC130</i>		
<i>n</i>	16	18
Visite 4 [W]	105,2 $\pm$ 44,0	110,2 $\pm$ 30,1
Visite 5 [W]	107,8 $\pm$ 50,3	112,2 $\pm$ 30,8
<i>p</i> -Wert	0,597	0,642
<i>PWC150</i>		
<i>n</i>	16	18
Visite 4 [W]	150,6 $\pm$ 57,2	148,0 $\pm$ 34,6
Visite 5 [W]	152,1 $\pm$ 58,1	149,1 $\pm$ 36,0
<i>p</i> -Wert	0,751	0,787
<i>PWC170</i>		
<i>n</i>	13	18
Visite 4 [W]	181,5 $\pm$ 60,3	191,2 $\pm$ 40,6
Visite 5 [W]	184,6 $\pm$ 67,9	193,1 $\pm$ 43,4
<i>p</i> -Wert	0,506	0,626
<i>P_{La2}</i>		
<i>n</i>	15	16
Visite 4 [W]	81,9 $\pm$ 41,4	98,6 $\pm$ 27,7
Visite 5 [W]	76,2 $\pm$ 41,3	104,1 $\pm$ 31,5
<i>p</i> -Wert	0,305	0,322
<i>P_{La3}</i>		
<i>n</i>	15	18
Visite 4 [W]	100,0 $\pm$ 26,2	136,1 $\pm$ 29,3
Visite 5 [W]	101,4 $\pm$ 39,3	134,1 $\pm$ 35,3
<i>p</i> -Wert	0,874	0,653
<i>P_{La4}</i>		
<i>n</i>	14	18
Visite 4 [W]	129,1 $\pm$ 45,4	155,9 $\pm$ 28,9
Visite 5 [W]	123,0 $\pm$ 45,4	150,3 $\pm$ 34,4
<i>p</i> -Wert	0,302	0,066

Tab. A.12. (Fortsetzung)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer
$\dot{V}_{O_2}$		
<i>n</i>	9	15
Visite 4 [l/min]	2,483 ± 0,814	2,991 ± 0,781
Visite 5 [l/min]	2,690 ± 0,611	2,931 ± 0,633
<i>p</i> -Wert	0,282	0,614
<i>P</i>		
<i>n</i>	9	15
Visite 4 [W]	169,0 ± 52,7	207,4 ± 38,5
Visite 5 [W]	166,6 ± 48,5	201,6 ± 45,9
<i>p</i> -Wert	0,733	0,393

Tab. A.13. Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen für die Männer als Mittelwert ± Standardabweichung im Vergleich von Visite 1 und 3: Die Physical Working Capacity (PWC) wurde durch lineare Inter- und Extrapolation bestimmt und die Leistung bei festgelegten Laktatkonzentrationen (P_{La}) durch Inter- und Extrapolation mit einem Polynom 3. Grades. Der für die Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$) angegebene Wert entspricht dem höchsten gleitenden Mittelwert über jeweils 15 Atemzüge. Die maximal im Test erreichte Leistung (*P*) errechnet sich über die Summe aus der Leistung der letzten vollendeten Stufe plus 0,1389 Watt pro Sekunde der angetretenen letzten Stufe.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>PWC130</i>			
<i>n</i>	15	16	13
Visite 1 [W]	98,6 ± 32,2	114,0 ± 33,0	104,9 ± 27,4
Visite 3 [W]	115,2 ± 38,2	133,0 ± 28,1	107,9 ± 36,7
<i>p</i> -Wert	0,012	0,002	0,654
<i>PWC150</i>			
<i>n</i>	15	16	13
Visite 1 [W]	139,1 ± 39,0	155,9 ± 35,4	143,7 ± 36,2
Visite 3 [W]	157,7 ± 42,9	174,6 ± 30,0	148,9 ± 51,3
<i>p</i> -Wert	0,001	< 0,001	0,470
<i>PWC170</i>			
<i>n</i>	14	16	11
Visite 1 [W]	177,4 ± 41,4	198,4 ± 42,5	169,5 ± 41,3
Visite 3 [W]	203,2 ± 54,3	224,1 ± 32,6	169,8 ± 46,5
<i>p</i> -Wert	0,001	< 0,001	0,958

Tab. A.13. (Fortsetzung)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
P_{La_2}			
n	15	16	14
Visite 1 [W]	97,7 ± 40,8	111,3 ± 38,3	89,9 ± 33,6
Visite 3 [W]	110,3 ± 42,8	133,1 ± 32,9	91,3 ± 41,3
p -Wert	0,090	0,028	0,873
P_{La_3}			
n	14	15	15
Visite 1 [W]	134,5 ± 31,9	152,7 ± 30,5	116,5 ± 36,0
Visite 3 [W]	139,1 ± 42,8	163,9 ± 24,5	121,8 ± 40,9
p -Wert	0,410	0,078	0,341
P_{La_4}			
n	13	16	15
Visite 1 [W]	158,1 ± 28,6	172,8 ± 27,8	134,4 ± 38,5
Visite 3 [W]	162,2 ± 41,8	182,8 ± 21,8	143,4 ± 40,2
p -Wert	0,528	0,039	0,087
$\dot{V}_{O_2}$			
n	9	11	11
Visite 1 [l/min]	2,752 ± 0,627	3,267 ± 0,536	2,990 ± 0,754
Visite 3 [l/min]	3,086 ± 0,770	3,292 ± 0,628	2,926 ± 0,543
p -Wert	0,072	0,831	0,397
P			
n	9	12	11
Visite 1 [W]	184,3 ± 42,9	223,3 ± 33,9	186,2 ± 47,0
Visite 3 [W]	203,2 ± 43,4	239,6 ± 38,8	190,1 ± 47,3
p -Wert	0,002	0,023	0,251

Tab. A.14. Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen für die Männer als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 3 und 4: Die Physical Working Capacity (PWC) wurde durch lineare Inter- und Extrapolation bestimmt und die Leistung bei festgelegten Laktatkonzentrationen (P_{La}) durch Inter- und Extrapolation mit einem Polynom 3. Grades. Der für die Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$) angegebene Wert entspricht dem höchsten gleitenden Mittelwert über jeweils 15 Atemzüge. Die maximal im Test erreichte Leistung (P) errechnet sich über die Summe aus der Leistung der letzten vollendeten Stufe plus 0,1389 Watt pro Sekunde der angetretenen letzten Stufe.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>PWC130</i>			
<i>n</i>	14	15	12
Visite 3 [W]	115,1 $\pm$ 39,6	130,3 $\pm$ 26,7	104,4 $\pm$ 36,1
Visite 4 [W]	104,5 $\pm$ 43,3	119,9 $\pm$ 25,3	89,9 $\pm$ 36,0
<i>p</i> -Wert	0,090	0,033	0,004
<i>PWC150</i>			
<i>n</i>	14	15	12
Visite 3 [W]	158,3 $\pm$ 44,5	172,1 $\pm$ 29,2	146,8 $\pm$ 52,9
Visite 4 [W]	153,9 $\pm$ 56,0	159,0 $\pm$ 28,6	140,5 $\pm$ 41,0
<i>p</i> -Wert	0,492	0,026	0,190
<i>PWC170</i>			
<i>n</i>	11	15	10
Visite 3 [W]	198,5 $\pm$ 50,8	221,5 $\pm$ 32,0	165,7 $\pm$ 46,8
Visite 4 [W]	186,7 $\pm$ 56,8	203,1 $\pm$ 34,4	168,4 $\pm$ 39,4
<i>p</i> -Wert	0,109	0,004	0,656
<i>P_{La2}</i>			
<i>n</i>	13	13	14
Visite 3 [W]	101,7 $\pm$ 37,7	130,5 $\pm$ 33,5	87,0 $\pm$ 39,2
Visite 4 [W]	94,0 $\pm$ 41,9	104,4 $\pm$ 22,7	83,9 $\pm$ 40,3
<i>p</i> -Wert	0,237	0,012	0,609
<i>P_{La3}</i>			
<i>n</i>	11	15	14
Visite 3 [W]	134,6 $\pm$ 39,1	163,5 $\pm$ 24,8	119,0 $\pm$ 40,9
Visite 4 [W]	111,5 $\pm$ 27,3	144,3 $\pm$ 24,1	115,7 $\pm$ 41,6
<i>p</i> -Wert	0,066	0,011	0,378
<i>P_{La4}</i>			
<i>n</i>	10	15	14
Visite 3 [W]	157,2 $\pm$ 41,8	183,3 $\pm$ 22,4	140,9 $\pm$ 40,5
Visite 4 [W]	141,8 $\pm$ 43,7	164,9 $\pm$ 23,1	136,6 $\pm$ 42,0
<i>p</i> -Wert	0,042	0,006	0,211

Tab. A.14. (Fortsetzung)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
$\dot{V}_{O_2}$			
<i>n</i>	7	10	9
Visite 3 [l/min]	2,990 ± 0,469	3,112 ± 0,627	2,890 ± 0,588
Visite 4 [l/min]	2,826 ± 0,419	3,199 ± 0,700	2,838 ± 0,733
<i>p</i> -Wert	0,408	0,623	0,789
<i>P</i>			
<i>n</i>	7	10	10
Visite 3 [W]	200,6 ± 34,4	230,7 ± 34,5	190,7 ± 49,9
Visite 4 [W]	180,8 ± 46,7	222,3 ± 29,9	190,9 ± 47,7
<i>p</i> -Wert	0,247	0,271	0,906

Tab. A.15. Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen für die Männer als Mittelwert ± Standardabweichung im Vergleich von Visite 4 und 5: Die Physical Working Capacity (PWC) wurde durch lineare Inter- und Extrapolation bestimmt und die Leistung bei festgelegten Laktatkonzentrationen (P_{La}) durch Inter- und Extrapolation mit einem Polynom 3. Grades. Der für die Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$) angegebene Wert entspricht dem höchsten gleitenden Mittelwert über jeweils 15 Atemzüge. Die maximal im Test erreichte Leistung (*P*) errechnet sich über die Summe aus der Leistung der letzten vollendeten Stufe plus 0,1389 Watt pro Sekunde der angetretenen letzten Stufe.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer
<i>PWC130</i>		
<i>n</i>	11	13
Visite 4 [W]	116,8 ± 44,5	120,2 ± 27,3
Visite 5 [W]	122,2 ± 50,8	124,1 ± 24,9
<i>p</i> -Wert	0,441	0,479
<i>PWC150</i>		
<i>n</i>	11	13
Visite 4 [W]	167,7 ± 58,2	159,4 ± 30,6
Visite 5 [W]	171,5 ± 57,6	162,5 ± 30,0
<i>p</i> -Wert	0,548	0,545
<i>PWC170</i>		
<i>n</i>	8	13
Visite 4 [W]	203,5 ± 62,2	203,2 ± 36,5
Visite 5 [W]	209,4 ± 73,1	208,1 ± 37,2
<i>p</i> -Wert	0,371	0,349

Tab. A.15. (Fortsetzung)

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer
P_{La_2}		
n	9	11
Visite 4 [W]	$97,7 \pm 46,5$	$106,6 \pm 24,0$
Visite 5 [W]	$90,8 \pm 40,3$	$114,5 \pm 29,4$
p -Wert	0,290	0,332
P_{La_3}		
n	10	13
Visite 4 [W]	$108,2 \pm 26,6$	$146,2 \pm 25,2$
Visite 5 [W]	$112,0 \pm 40,1$	$145,3 \pm 31,9$
p -Wert	0,760	0,872
P_{La_4}		
n	9	13
Visite 4 [W]	$144,8 \pm 48,3$	$166,5 \pm 24,2$
Visite 5 [W]	$139,3 \pm 46,0$	$161,8 \pm 30,4$
p -Wert	0,516	0,207
$\dot{V}_{O_2}$		
n	7	10
Visite 4 [l/min]	$2,684 \pm 0,810$	$3,280 \pm 0,764$
Visite 5 [l/min]	$2,837 \pm 0,601$	$3,210 \pm 0,544$
p -Wert	0,477	0,686
P		
n	7	10
Visite 4 [W]	$176,8 \pm 58,0$	$224,8 \pm 31,4$
Visite 5 [W]	$176,0 \pm 51,5$	$218,3 \pm 41,9$
p -Wert	0,914	0,494

Tab. A.16. Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen für die Frauen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 1 und 3: Die Physical Working Capacity (PWC) wurde durch lineare Inter- und Extrapolation bestimmt und die Leistung bei festgelegten Laktatkonzentrationen (P_{La}) durch Inter- und Extrapolation mit einem Polynom 3. Grades. Der für die Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$) angegebene Wert entspricht dem höchsten gleitenden Mittelwert über jeweils 15 Atemzüge. Die maximal im Test erreichte Leistung (P) errechnet sich über die Summe aus der Leistung der letzten vollendeten Stufe plus 0,1389 Watt pro Sekunde der angetretenen letzten Stufe.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>PWC130</i>			
<i>n</i>	4	6	5
Visite 1 [W]	82,5 $\pm$ 10,7	88,0 $\pm$ 21,6	73,4 $\pm$ 21,5
Visite 3 [W]	93,3 $\pm$ 28,7	83,5 $\pm$ 22,7	76,2 $\pm$ 13,6
<i>PWC150</i>			
<i>n</i>	5	6	6
Visite 1 [W]	96,4 $\pm$ 41,6	110,5 $\pm$ 22,5	87,5 $\pm$ 38,8
Visite 3 [W]	114,0 $\pm$ 31,9	119,0 $\pm$ 26,6	104,2 $\pm$ 23,4
<i>PWC170</i>			
<i>n</i>	5	6	6
Visite 1 [W]	131,2 $\pm$ 39,5	148,2 $\pm$ 25,5	124,7 $\pm$ 35,1
Visite 3 [W]	156,0 $\pm$ 31,6	160,3 $\pm$ 37,9	138,0 $\pm$ 28,9
<i>P_{La2}</i>			
<i>n</i>	5	6	6
Visite 1 [W]	68,8 $\pm$ 29,9	77,0 $\pm$ 22,1	67,2 $\pm$ 22,7
Visite 3 [W]	62,0 $\pm$ 17,4	83,8 $\pm$ 17,3	85,3 $\pm$ 35,2
<i>P_{La3}</i>			
<i>n</i>	5	6	6
Visite 1 [W]	92,0 $\pm$ 22,4	99,7 $\pm$ 21,6	86,5 $\pm$ 24,7
Visite 3 [W]	85,6 $\pm$ 15,9	116,7 $\pm$ 15,3	104,3 $\pm$ 35,7
<i>P_{La4}</i>			
<i>n</i>	5	6	5
Visite 1 [W]	106,4 $\pm$ 23,2	118,7 $\pm$ 16,1	102,8 $\pm$ 29,9
Visite 3 [W]	101,0 $\pm$ 14,1	132,3 $\pm$ 16,4	117,4 $\pm$ 40,6
<i>$\dot{V}_{O_2}$</i>			
<i>n</i>	2	4	2
Visite 1 [l/min]	1,729 $\pm$ 0,695	2,413 $\pm$ 0,401	2,090 $\pm$ 0,877
Visite 3 [l/min]	1,730 $\pm$ 0,580	2,385 $\pm$ 0,478	1,845 $\pm$ 0,460
<i>P</i>			
<i>n</i>	2	5	2
Visite 1 [W]	112,5 $\pm$ 48,5	169,4 $\pm$ 24,7	133,0 $\pm$ 41,0
Visite 3 [W]	115,5 $\pm$ 53,5	173,0 $\pm$ 23,5	131,5 $\pm$ 33,2

Tab. A.17. Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen für die Frauen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 3 und 4: Die Physical Working Capacity (PWC) wurde durch lineare Inter- und Extrapolation bestimmt und die Leistung bei festgelegten Laktatkonzentrationen (P_{La}) durch Inter- und Extrapolation mit einem Polynom 3. Grades. Der für die Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$) angegebene Wert entspricht dem höchsten gleitenden Mittelwert über jeweils 15 Atemzüge. Die maximal im Test erreichte Leistung (P) errechnet sich über die Summe aus der Leistung der letzten vollendeten Stufe plus 0,1389 Watt pro Sekunde der angetretenen letzten Stufe.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>PWC130</i>			
<i>n</i>	5	6	6
Visite 3 [W]	80,4 $\pm$ 38,0	83,5 $\pm$ 22,7	72,3 $\pm$ 15,4
Visite 4 [W]	79,6 $\pm$ 33,5	86,7 $\pm$ 19,9	72,5 $\pm$ 20,0
<i>PWC150</i>			
<i>n</i>	5	6	6
Visite 3 [W]	114,0 $\pm$ 31,9	119,0 $\pm$ 26,6	104,2 $\pm$ 23,4
Visite 4 [W]	113,0 $\pm$ 35,1	118,5 $\pm$ 24,7	99,3 $\pm$ 27,5
<i>PWC170</i>			
<i>n</i>	5	6	6
Visite 3 [W]	156,0 $\pm$ 31,6	160,3 $\pm$ 37,9	138,0 $\pm$ 28,9
Visite 4 [W]	146,2 $\pm$ 40,1	190,1 $\pm$ 33,2	132,0 $\pm$ 35,3
<i>P_{La2}</i>			
<i>n</i>	6	6	6
Visite 3 [W]	60,8 $\pm$ 15,8	83,8 $\pm$ 17,3	85,3 $\pm$ 35,2
Visite 4 [W]	58,3 $\pm$ 15,0	82,8 $\pm$ 26,7	78,0 $\pm$ 35,6
<i>P_{La3}</i>			
<i>n</i>	5	6	6
Visite 3 [W]	85,6 $\pm$ 15,9	116,7 $\pm$ 15,3	104,3 $\pm$ 35,7
Visite 4 [W]	83,6 $\pm$ 17,1	110,7 $\pm$ 20,9	97,3 $\pm$ 36,0
<i>P_{La4}</i>			
<i>n</i>	5	6	5
Visite 3 [W]	101,0 $\pm$ 14,1	132,3 $\pm$ 16,4	117,4 $\pm$ 40,6
Visite 4 [W]	101,0 $\pm$ 21,9	129,7 $\pm$ 19,8	115,8 $\pm$ 38,9
<i>$\dot{V}_{O_2}$</i>			
<i>n</i>	3	4	0
Visite 3 [l/min]	1,783 $\pm$ 0,420	2,385 $\pm$ 0,478	
Visite 4 [l/min]	1,660 $\pm$ 0,295	2,478 $\pm$ 0,480	
<i>P</i>			
<i>n</i>	3	5	0
Visite 3 [W]	121,3 $\pm$ 24,7	173,0 $\pm$ 23,5	
Visite 4 [W]	125,4 $\pm$ 29,4	172,7 $\pm$ 26,7	

Tab. A.18. Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen für die Frauen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 4 und 5: Die Physical Working Capacity (PWC) wurde durch lineare Inter- und Extrapolation bestimmt und die Leistung bei festgelegten Laktatkonzentrationen (P_{La}) durch Inter- und Extrapolation mit einem Polynom 3. Grades. Der für die Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$) angegebene Wert entspricht dem höchsten gleitenden Mittelwert über jeweils 15 Atemzüge. Die maximal im Test erreichte Leistung (P) errechnet sich über die Summe aus der Leistung der letzten vollendeten Stufe plus 0,1389 Watt pro Sekunde der angetretenen letzten Stufe.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer
<i>PWC130</i>		
<i>n</i>	5	5
Visite 4 [W]	79,6 $\pm$ 44,0	84,2 $\pm$ 21,3
Visite 5 [W]	76,0 $\pm$ 50,3	81,2 $\pm$ 22,8
<i>PWC150</i>		
<i>n</i>	5	5
Visite 4 [W]	113,0 $\pm$ 57,2	118,4 $\pm$ 27,7
Visite 5 [W]	109,4 $\pm$ 58,1	114,0 $\pm$ 25,9
<i>PWC170</i>		
<i>n</i>	5	5
Visite 4 [W]	146,2 $\pm$ 40,1	160,2 $\pm$ 36,4
Visite 5 [W]	145,0 $\pm$ 36,1	154,0 $\pm$ 35,1
<i>P_{La2}</i>		
<i>n</i>	6	5
Visite 4 [W]	58,3 $\pm$ 15,0	81,0 $\pm$ 29,5
Visite 5 [W]	54,3 $\pm$ 34,9	81,4 $\pm$ 25,0
<i>P_{La3}</i>		
<i>n</i>	5	5
Visite 4 [W]	83,6 $\pm$ 17,1	109,6 $\pm$ 23,2
Visite 5 [W]	80,2 $\pm$ 30,9	104,8 $\pm$ 27,8
<i>P_{La4}</i>		
<i>n</i>	5	5
Visite 4 [W]	101,0 $\pm$ 45,4	128,4 $\pm$ 21,9
Visite 5 [W]	93,6 $\pm$ 45,4	120,6 $\pm$ 27,0
<i>$\dot{V}_{O_2}$</i>		
<i>n</i>	2	5
Visite 4 [l/min]	1,780 $\pm$ 0,814	2,412 $\pm$ 0,441
Visite 5 [l/min]	2,175 $\pm$ 0,611	2,374 $\pm$ 0,390
<i>P</i>		
<i>n</i>	2	5
Visite 4 [W]	141,7 $\pm$ 11,8	172,7 $\pm$ 26,7
Visite 5 [W]	133,9 $\pm$ 11,0	168,3 $\pm$ 36,6

Tab. A.19. Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen für die relativen Werte als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 1 und 3: Die Physical Working Capacity (PWC) wurde durch lineare Inter- und Extrapolation bestimmt. Der für die Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$) angegebene Wert entspricht dem höchsten gleitenden Mittelwert über jeweils 15 Atemzüge. Die maximal im Test erreichte Leistung (P) errechnet sich über die Summe aus der Leistung der letzten vollendeten Stufe plus 0,1389 Watt pro Sekunde der angetretenen letzten Stufe. Alle Werte sind bezogen auf die Körpermasse angegeben.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
<i>PWC130</i>			
<i>n</i>	19	22	18
Visite 1 [W/kg]	1,0 $\pm$ 0,3	1,3 $\pm$ 0,4	1,1 $\pm$ 0,3
Visite 3 [W/kg]	1,2 $\pm$ 0,4	1,5 $\pm$ 0,4	1,2 $\pm$ 0,3
<i>p</i> -Wert	0,004	0,023	0,477
<i>PWC150</i>			
<i>n</i>	20	22	19
Visite 1 [W/kg]	1,4 $\pm$ 0,4	1,8 $\pm$ 0,4	1,5 $\pm$ 0,4
Visite 3 [W/kg]	1,6 $\pm$ 0,5	2,0 $\pm$ 0,4	1,6 $\pm$ 0,4
<i>p</i> -Wert	0,002	< 0,001	0,094
<i>PWC170</i>			
<i>n</i>	19	22	17
Visite 1 [W/kg]	1,8 $\pm$ 0,5	2,3 $\pm$ 0,5	1,8 $\pm$ 0,4
Visite 3 [W/kg]	2,1 $\pm$ 0,5	2,6 $\pm$ 0,5	1,9 $\pm$ 0,5
<i>p</i> -Wert	< 0,001	< 0,001	0,205
$\dot{V}_{O_2}$			
<i>n</i>	11	15	13
Visite 1 [ml min ⁻¹ kg ⁻¹]	27,6 $\pm$ 5,7	37,4 $\pm$ 8,4	34,1 $\pm$ 8,7
Visite 3 [ml min ⁻¹ kg ⁻¹]	30,9 $\pm$ 6,8	37,1 $\pm$ 8,0	33,5 $\pm$ 8,1
<i>p</i> -Wert	0,079	0,790	0,662
<i>P</i>			
<i>n</i>	11	17	13
Visite 1 [W/kg]	1,8 $\pm$ 0,4	2,6 $\pm$ 0,5	2,1 $\pm$ 0,6
Visite 3 [W/kg]	2,0 $\pm$ 0,4	2,8 $\pm$ 0,6	2,2 $\pm$ 0,5
<i>p</i> -Wert	0,024	0,031	0,467

Tab. A.20. Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen für die relativen Werte als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 3 und 4: Die Physical Working Capacity (PWC) wurde durch lineare Inter- und Extrapolation bestimmt und die Leistung bei festgelegten Laktatkonzentrationen (P_{La}) durch Inter- und Extrapolation mit einem Polynom 3. Grades. Der für die Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$) angegebene Wert entspricht dem höchsten gleitenden Mittelwert über jeweils 15 Atemzüge. Die maximal im Test erreichte Leistung (P) errechnet sich über die Summe aus der Leistung der letzten vollendeten Stufe plus 0,1389 Watt pro Sekunde der angetretenen letzten Stufe. Alle Werte sind bezogen auf die Körpermasse angegeben.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
PWC130			
<i>n</i>	19	21	18
Visite 3 [W/kg]	1,1 $\pm$ 0,4	1,5 $\pm$ 0,4	1,1 $\pm$ 0,3
Visite 4 [W/kg]	1,1 $\pm$ 0,4	1,4 $\pm$ 0,3	1,0 $\pm$ 0,3
<i>p</i> -Wert	0,144	0,112	0,021
PWC150			
<i>n</i>	19	21	18
Visite 3 [W/kg]	1,6 $\pm$ 0,5	2,0 $\pm$ 0,4	1,5 $\pm$ 0,4
Visite 4 [W/kg]	1,5 $\pm$ 0,6	1,8 $\pm$ 0,3	1,5 $\pm$ 0,4
<i>p</i> -Wert	0,672	0,032	0,064
PWC170			
<i>n</i>	16	21	16
Visite 3 [W/kg]	2,1 $\pm$ 0,5	2,5 $\pm$ 0,4	1,9 $\pm$ 0,4
Visite 4 [W/kg]	1,9 $\pm$ 0,6	2,4 $\pm$ 0,4	1,9 $\pm$ 0,4
<i>p</i> -Wert	0,068	0,004	0,648
P_{La4}			
<i>n</i>	15	21	19
Visite 3 [W/kg]	1,5 $\pm$ 0,4	2,1 $\pm$ 0,4	1,6 $\pm$ 0,4
Visite 4 [W/kg]	1,4 $\pm$ 0,4	1,9 $\pm$ 0,3	1,5 $\pm$ 0,4
<i>p</i> -Wert	0,125	0,004	0,077
$\dot{V}_{O_2}$			
<i>n</i>	10	14	9
Visite 3 [ml min ⁻¹ kg ⁻¹]	29,4 $\pm$ 7,2	35,3 $\pm$ 7,3	34,1 $\pm$ 8,1
Visite 4 [ml min ⁻¹ kg ⁻¹]	28,0 $\pm$ 6,5	36,5 $\pm$ 7,1	32,6 $\pm$ 7,9
<i>p</i> -Wert	0,246	0,457	0,380
P			
<i>n</i>	10	15	10
Visite 3 [W/kg]	2,0 $\pm$ 0,5	2,7 $\pm$ 0,5	2,2 $\pm$ 0,5
Visite 4 [W/kg]	1,9 $\pm$ 0,4	2,6 $\pm$ 0,5	2,2 $\pm$ 0,5
<i>p</i> -Wert	0,358	0,373	0,475

Tab. A.21. Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen für die relativen Werte als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 4 und 5: Die Physical Working Capacity (PWC) wurde durch lineare Inter- und Extrapolation bestimmt und die Leistung bei festgelegten Laktatkonzentrationen (P_{La}) durch Inter- und Extrapolation mit einem Polynom 3. Grades. Der für die Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$) angegebene Wert entspricht dem höchsten gleitenden Mittelwert über jeweils 15 Atemzüge. Die maximal im Test erreichte Leistung (P) errechnet sich über die Summe aus der Leistung der letzten vollendeten Stufe plus 0,1389 Watt pro Sekunde der angetretenen letzten Stufe. Alle Werte sind bezogen auf die Körpermasse angegeben.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer
<i>PWC130</i>		
<i>n</i>	15	18
Visite 4 [W/kg]	1,1 $\pm$ 0,5	1,4 $\pm$ 0,3
Visite 5 [W/kg]	1,1 $\pm$ 0,5	1,4 $\pm$ 0,3
<i>p</i> -Wert	0,994	0,739
<i>PWC150</i>		
<i>n</i>	15	18
Visite 4 [W/kg]	1,5 $\pm$ 0,6	1,8 $\pm$ 0,3
Visite 5 [W/kg]	1,5 $\pm$ 0,5	1,8 $\pm$ 0,4
<i>p</i> -Wert	0,660	0,893
<i>PWC170</i>		
<i>n</i>	12	18
Visite 4 [W/kg]	1,9 $\pm$ 0,6	2,4 $\pm$ 0,4
Visite 5 [W/kg]	1,9 $\pm$ 0,6	2,4 $\pm$ 0,5
<i>p</i> -Wert	0,798	0,780
<i>P_{La4}</i>		
<i>n</i>	13	18
Visite 4 [W/kg]	1,3 $\pm$ 0,3	1,9 $\pm$ 0,3
Visite 5 [W/kg]	1,2 $\pm$ 0,4	1,9 $\pm$ 0,4
<i>p</i> -Wert	0,203	0,026
<i>$\dot{V}_{O_2}$</i>		
<i>n</i>	9	15
Visite 4 [ml min ⁻¹ kg ⁻¹]	25,4 $\pm$ 8,8	37,1 $\pm$ 7,3
Visite 5 [ml min ⁻¹ kg ⁻¹]	27,7 $\pm$ 8,0	36,3 $\pm$ 6,2
<i>p</i> -Wert	0,194	0,512
<i>P</i>		
<i>n</i>	9	15
Visite 4 [W/kg]	1,7 $\pm$ 0,5	2,6 $\pm$ 0,5
Visite 5 [W/kg]	1,7 $\pm$ 0,6	2,5 $\pm$ 0,5
<i>p</i> -Wert	0,977	0,198

Tab. A.22. Zusammenstellung der Korrelationen der Parameter der Belastungsuntersuchungen bezüglich der Einflüsse von objektiver Ausbelastung und Anstrengung (RPE-Wert) für den Zeitraum Visite 1 bis 5

	objektive Ausbelastung				höchster RPE-Wert			
	V1	V3	V4	V5	V1	V3	V4	V5
Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen								
PWC130	−0,008 ; −0,002	0,126 ; 0,158	−0,001 ; −0,009	−0,015 ; −0,016	0,155 ; 0,205	0,142 ; 0,192	0,191* ; 0,270*	0,186 ; 0,230
PWC150	−0,047 ; −0,057	0,036 ; 0,031	−0,008 ; 0,000	−0,144 ; −0,207	0,153 ; 0,214	0,076 ; 0,031	0,137 ; 0,186	0,101 ; 0,124
PWC170	−0,041 ; −0,053	0,046 ; 0,057	−0,060 ; −0,080	−0,087 ; −0,126	0,152 ; 0,210	0,082 ; 0,107	0,094 ; 0,129	0,105 ; 0,133
P _{La2}	−0,064 ; −0,087	0,035 ; 0,048	0,054 ; 0,069	0,081 ; 0,107	0,045 ; 0,053	0,203* ; 0,286	0,252** ; 0,362**	0,283* ; 0,362*
P _{La3}	−0,054 ; −0,075	0,043 ; 0,057	0,054 ; 0,090	0,142 ; 0,200	0,025 ; 0,037	0,146 ; 0,220	0,311** ; 0,447**	0,319** ; 0,401*
P _{La4}	−0,056 ; −0,086	0,057 ; 0,078	0,000 ; 0,011	0,107 ; 0,144	0,052 ; 0,072	0,151 ; 0,214	0,277** ; 0,392**	0,314* ; 0,389*
$\dot{V}_{O_2}$	0,082 ; 0,112	0,177 ; 0,207	0,162 ; 0,208	−0,021 ; −0,007	0,214* ; 0,272	0,145 ; 0,243	0,251* ; 0,336**	0,190 ; 0,252
P	0,101 ; 0,143	0,248* ; 0,332*	0,176 ; 0,241	0,192 ; 0,233	0,252* ; 0,335*	0,287** ; 0,396**	0,342** ; 0,448**	0,339* ; 0,445*
Einzelne Höchstwerte und Mittelwerte aus den letzten 30 Testsekunden								
AR	0,243** ; 0,330**	0,396** ; 0,522**	0,267** ; 0,361**	0,276* ; 0,375*	0,051 ; 0,067	0,185* ; 0,261*	0,152 ; 0,210	0,196 ; 0,253
RQ	0,449** ; 0,605**	0,530** ; 0,682**	0,494** ; 0,649**	0,497** ; 0,673**	−0,141 ; −0,196	0,121 ; 0,144	0,110 ; 0,159	0,323** ; 0,445**
$\dot{A}\ddot{A}_{O_2}$	0,383** ; 0,505**	0,404** ; 0,569**	0,412** ; 0,538**	0,376** ; 0,480**	−0,049 ; −0,067	0,110 ; 0,160	0,047 ; 0,054	0,200 ; 0,276
HR	0,251** ; 0,340**	0,361** ; 0,569**	0,507** ; 0,639**	0,526** ; 0,670**	0,045 ; 0,058	0,224* ; 0,305*	0,217* ; 0,280*	0,309* ; 0,411*
La	0,572** ; 0,738**	0,594** ; 0,750**	0,559** ; 0,723**	0,571** ; 0,680**	0,183 ; 0,232	0,303* ; 0,415**	0,229* ; 0,326*	0,354** ; 0,480**
RPE	0,119 ; 0,144	0,225* ; 0,292*	0,226* ; 0,308*	0,478** ; 0,589**				
obj. Ausbelastung					0,119 ; 0,144	0,225* ; 0,292*	0,226* ; 0,308*	0,478** ; 0,589**

Tab. A.23. Ergebnisse der Hippocampusvolumetrie für die Männer als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 1, 2 und 3: Die Probandenzahlen (s. u.) sind hier erniedrigt, da von einigen Patienten die MRT-Untersuchungen zum Zeitpunkt V2 ausfallen mussten. Für die Beurteilung der Signifikanz sind hier zwei p-Werte angegeben. Der erste bezieht sich auf eine Varianzanalyse mit Messwiederholungen mit Zeit als Innersubjektfaktor, der zweite stammt aus einer Analyse, die Alter als Kovariate einbezieht.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
Volumen linker Hippocampus [mm ³]			
<i>n</i>	13	15	13
Visite 1	3632,9 $\pm$ 475,2	3728,8 $\pm$ 354,2	3779,0 $\pm$ 350,0
Visite 2	3616,3 $\pm$ 476,4	3820,9 $\pm$ 380,1	3772,2 $\pm$ 341,8
Visite 3	3608,2 $\pm$ 548,5	3728,9 $\pm$ 348,6	3748,5 $\pm$ 391,8
<i>p</i> -Wert	0,844	0,145	0,731
	0,847	0,165	0,742
Volumen rechter Hippocampus [mm ³]			
<i>n</i>	13	15	13
Visite 1	3808,1 $\pm$ 394,5	3905,1 $\pm$ 417,2	3960,4 $\pm$ 378,8
Visite 2	3750,6 $\pm$ 403,0	3949,1 $\pm$ 440,7	3917,8 $\pm$ 395,5
Visite 3	3699,8 $\pm$ 444,2	3934,5 $\pm$ 464,6	3934,6 $\pm$ 410,0
<i>p</i> -Wert	0,078	0,667	0,522
	0,081	0,676	0,459

Tab. A.24. Ergebnisse der Hippocampusvolumetrie für die Frauen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung im Vergleich von Visite 1, 2 und 3: Die Probandenzahlen (s. u.) sind hier erniedrigt, da von einigen Patienten die MRT-Untersuchungen zum Zeitpunkt V2 ausfallen mussten.

	Schizophrenie Ausdauer	Gesunde Ausdauer	Schizophrenie Tischfußball
Volumen linker Hippocampus [mm ³]			
<i>n</i>	5	6	6
Visite 1	3533,2 $\pm$ 470,8	3731,5 $\pm$ 176,8	3078,0 $\pm$ 552,8
Visite 2	3693,0 $\pm$ 470,5	3828,2 $\pm$ 334,8	3087,7 $\pm$ 648,9
Visite 3	3576,2 $\pm$ 485,2	3773,0 $\pm$ 211,4	3045,8 $\pm$ 492,3
Volumen rechter Hippocampus [mm ³]			
<i>n</i>	5	6	6
Visite 1	3734,8 $\pm$ 569,6	3919,71 $\pm$ 143,5	3539,0 $\pm$ 178,1
Visite 2	3848,2 $\pm$ 461,5	3937,2 $\pm$ 303,7	3529,7 $\pm$ 232,0
Visite 3	3786,2 $\pm$ 487,7	3935,0 $\pm$ 222,3	3490,0 $\pm$ 170,9

Exemplarische Stundenplanung für eine Einheit des Rehabilitationssports für Schizophrenie

Thema und Zielsetzung der Einheit

Vielseitiges Training der allgemeinen aeroben Ausdauer bei Patienten mit einer schizophrenen Erkrankung in der Follow-Up-Phase einer Sportstudie (d. h. in der ambulanten Nachsorge) unter Einbeziehung des Trainings von Alltagssituationen und kognitiver Fähigkeiten

Erklärungen zur Durchführung der Stundenabschnitte

6-Minuten-Gehtest

- Orientierung der Durchführung an den Richtlinien der American Thoracic Society (American Thoracic Society, 2002)
- Die Durchführung erfolgt im Pendelverkehr auf einer 25 m langen Gerade. Gemessen wird die in 6 Minuten zurückgelegte Strecke. Messung der Herzfrequenz, Laktatmessung und subjektive Einschätzung durch die Teilnehmer sind ebenfalls möglich. Die Ergebnisse werden protokolliert.
- Ziel ist ein vergleichbares Ergebnis mit Aussagekraft über die körperliche Leistungsfähigkeit im submaximalen Intensitätsbereich in einer für die Alltagsaktivitäten typischen Bewegungsform zu erreichen.

Rollenspiel Café

Ablauf Auf einem großen Kasten, der als Theke fungiert, liegen verschiedene Sportgegenstände (2 große grüne Bälle, 1 Rugbyball, 3 Tennisbälle, 3 Wasserflaschen) und ein Tablett. In einer Entfernung von mind. 10 m steht eine Turnbank, die als Sitzplatz der Café-Gäste (2-4 Personen) dient. Eine Markierung befindet sich seitlich in 5 m Entfernung von der Bank. Ein Kellner hat die Aufgabe die Wünsche der Gäste zu erfragen und die bestellten Gegenstände zubringen und wieder abzuräumen. Dabei gelten folgende Regeln: Es darf nur eine Bestellung pro Besuch der Bank aufgenommen, nur eine Person bedient und nur von einem Gast abgeräumt werden. Die Anzahl der Bestellungen und die Wegstrecke zwischen Kasten und Bank regulieren die körperliche Trainingsbelastung (Minimum: 3 Gäste mit je einer Bestellung, 10 m Entfernung = 100 m Trainingsstrecke). Die Anzahl der Items, die bestellt werden dürfen, regeln die kognitive Trainingsbelastung (Minimum: 2 mögliche Items pro Gast).

Beispiel Ein Übungsdurchlauf könnte so beginnen:

Kellner geht vom Kasten zur Bank.

Kellner: Hallo, was darf ich Ihnen bringen?

Gast: Ich hätte gerne eine Zitrone und ein Wasser.

Kellner: Vielen Dank für Ihre Bestellung. Ich werde mich sofort darum kümmern.

Kellner geht zum Kasten und holt einen Tennisball und eine Flasche Wasser und bringt sie auf dem Tablett zur Bank.

Kellner: Bitte sehr. Ihre Zitrone und Ihr Wasser. Guten Appetit!

Gast: Vielen Dank.

Kellner fragt einen anderen Gast nach seinen Wünschen und kehrt zum Kasten zurück. Der zuerst bediente Gast geht um die seitliche Markierung als Zeichen, dass er aufgegessen hat. Der Kellner bringt die Bestellung der zweiten Gasts vom Kasten zur Bank. Er fragt den dritten Gast nach seinen Wünschen und nimmt die Gegenstände vom ersten Gast mit zurück zum Kasten.

Kellner: Darf ich bei Ihnen schon abräumen?

Gast: Ja, gern.

Kellner: Ich hoffe es hat Ihnen geschmeckt.

Kellner geht zurück zum Kasten.

Usw.

Biathlon

Die Aufgabe der Teilnehmer ist es eine vorgegebene Anzahl von Runden abzulaufen. Jede Runde ist unterbrochen von Zielwürfen an einer Wurfstation (Bälle, Wasserflaschen). Pro Fehlwurf muss eine kleine „Strafrunde“ absolviert werden. Wird der Biathlon als Wettkampf durchgeführt, gewinnt der schnellste Teilnehmer. Der Aufbau des Parcours ist in der Abbildung A.25 dargestellt, die den Aufbau der Materialien in der Halle skizziert. Die Steuerung der Trainingsbelastung erfolgt über die Anzahl der Runden.

Abb. A.24. Aufbau der Materialien in der Halle mit eingezeichnetem Laufweg des Biathlons in Grau zur exemplarischen Einheit des Rehabilitationssports für Schizophrenie

Zeit/ Phase	Aktion	Materialien und Organisationsform	Intention und Differenzierungsmöglichkeit
00-05	Einführung - Begrüßung - 2 min freie Bewegung in der Halle mit Wahrnehmung des Raumes - Einführende Erklärungen	Materialien: keine Aufstellung: Sitzkreis Aufstellung: frei Aufstellung: Innenstirnkreis	Sinn: Begrüßung, Kennenlernen des Raumes, des Aufbaus, der Materialien, Erklärung des Stundenthemas, -verlaufs und -ziels, KEIN Warm-Up wg. nachfolgender Leistungsdiagnostik
05-15	6-Minuten-Gehtest (in 6 Minuten eine möglichst weite Strecke gehen) - Vorbereitung/Erklärung - Durchführung - Protokollierung/Pause	Materialien: Markierungsstangen, Stoppuhr, Protokoll auf Klemmbrett, Stift, Maßband Aufstellung: Innenstirnkreis Aufstellung: Riege Aufstellung: frei	Sinn: leistungsdiagnostische Maßnahme als Erst- oder Retest der Ausdauerleistungsfähigkeit in Bezug auf die Alltagsaktivitäten (submaximal) Differenzierung: durch individuelles Tempo und Pausen
15-35	Rollenspiel Café (Bestellungen aufnehmen, servieren, abräumen, Ablauf s. Erklärung) - Erklärung - Durchführung - Reflexion	Materialien: Tablett, Wasserflaschen, Tennisbälle, grüne Bälle, Rugbyball, großer Kasten, Bank, Markierungsstange Aufstellung: Innenstirnkreis Aufstellung: Block Aufstellung: Innenstirnkreis	Sinn: Verhalten in Alltagssituationen trainieren, soziale Interaktion fördern, Ausdauer als Teil des Arbeitslebens darstellen, kognitive Fähigkeiten (verbales und räumliches Gedächtnis) trainieren, Koordination (Balancieren von Gegenständen auf Tablett) trainieren, Unterhaltungswert Differenzierung: durch Variation der Anzahl der Bestellungen
35-55	Biathlon (Lauf- und Zielwurfparkour, Skizze s. Erklärung) - Erklärung - Durchführung	Materialien: Hütchen, Wasserflaschen, Tennisbälle, Softbälle Aufstellung: Innenstirnkreis Aufstellung: Stationsbetrieb	Sinn: Sportart beispielhaft kennenlernen, an Umgang mit Sportgeräten gewöhnen, Ausdauerleistungsfähigkeit trainieren, Koordination (Zielwurf) trainieren, spielerischer Wettkampf möglich Differenzierung: durch individuelle Wahl des Tempos (auch gehen möglich) und Anzahl der Runden
55-60	Ausklang - Freies Bewegen in der Halle mit Vorstellung des Nachhausewegs - Verabschiedung	Materialien: keine Aufstellung: frei Aufstellung: Sitzkreis	Sinn: Cool-Down, Entspannung, Fragen beantworten, Ausblick auf die nächste Stunde, Verabschiedung

Abb. A.25. Stundenverlaufsplan für eine exemplarische Einheit des Rehabilitationssport für Schizophrenie (Hinweis zur Zeitplanung: Sollte ein Abschnitt länger dauern, wird der nächste Abschnitt auf die nachfolgende Stunde verschoben.)

Lebenslauf

Persönliche Daten

Geburtsdatum und -ort 05.10.1987 in Hannover

Staatsangehörigkeit Deutsch

E-Mail-Adresse katriona.keller@googlemail.com

Ausbildung

1999 - 2005	Gymnasium, Elsa-Brändström-Schule, Hannover: Absolvierung der Klassen 10 und 11 in einem Schuljahr, Abschluss: Abitur
2005 - 2011	Studium Sportwissenschaft/Kunstgeschichte, Georg-August-Universität Göttingen Sommersemester 2007: Zwischenprüfung Kunstgeschichte Wintersemester 2007/2008: Zwischenprüfung Sportwissenschaft Februar 2011: Abschluss Magistra Artium, Note 1,0 (mit Auszeichnung)
2011 - 2014	Promotionsstudium Sozialwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen: Promotionsthema „Ausdauertraining mit Schizophreniepatienten“
2011 - 2014	Dorothea Schlözer-Promotionsstipendium
2005 - 2009	Übungsleiterausbildung Hockey, Niedersächsischer Hockey-Verband/Hamburger Hockey-Verband 2005 - 2006: Ausbildung zur Trainerin C Hockey 2008 - 2009: Ausbildung zur Trainerin B Breitensport Hockey
2012 - 2013	Übungsleiterausbildung Rehabilitationssport, Behinderten-Sportverband Berlin/Sächsischer Behinderten- und Rehabilitations-sportverband: Ausbildung zur Übungsleiterin B Rehabilitations-sport – Profil Psychiatrie

Göttingen, den 28.07.2014

(Katriona Keller)

Erklärung

Ich versichere, dass ich die eingereichte Dissertation „Ausdauertraining bei Schizophreniepatienten: Eine kontrollierte Studie zu den Wirkungen von Ausdauertraining in der Kombination mit kognitivem Training auf Ausdauerleistungsfähigkeit, Funktionsniveau und Hippocampusvolumen“ selbstständig und ohne unerlaubte Hilfsmittel verfasst habe. Anderer als der von mir angegebenen Hilfsmittel und Schriften habe ich mich nicht bedient. Alle wörtlich oder sinngemäß den Schriften anderer Autoren entnommenen Stellen habe ich kenntlich gemacht.

Göttingen, den 28.07.2014

(Katriona Keller)