

Aus der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie, Psychosomatik und Psychiatrie des
Kindes und Jugendalters der Universität zu Köln
Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. St. Bender

Einfluss einer Sporttherapie auf die neurokognitiven Funktionen bei depressiven Kindern und Jugendlichen

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Johanna Jeromin
aus Gelsenkirchen, Deutschland

promoviert am 19.05.2025

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink
1. Gutachter: Universitätsprofessor Dr. med. S. Bender
2. Gutachterin: Privatdozentin Dr. med. T. K. Lichtenstein

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

Frau Lea Biermann
Herr Max Oberste

Weitere Personen waren an der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Messergebnisse wurden von mir und weiteren Doktorand*innen erhoben. Die bei der Messung erhobenen Daten wurden von mir ohne weitere Unterstützung in SPSS eingepflegt. Die Auswertung erfolgte mit Unterstützung von Herrn Max Oberste. Die Erstellung von Tabellen und Graphiken erfolgte durch mich.

Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis:

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen beteiligten Personen meinen großen Dank aussprechen, die mich bei der Anfertigung meiner Dissertation unterstützt haben.

Besonders danken möchte ich Prof. Dr. Bender und PD. Dr. Wunram für die enorme Unterstützung bei der Durchführung der gesamten Arbeit.

Außerdem möchte ich mich bei Lea Biermann, Marie Hohmann und Svea Loskant bedanken die mich auf meinem Weg mit Rat, Anregungen und produktiven Gesprächen begleitet haben. Ebenfalls danke ich allen Kolleg*innen und Doktorand*innen die an dem Projekt beteiligt waren.

Meinen Eltern, Geschwistern und Freund*innen, insbesondere Anna Veitsman, danke ich für ihre Ermutigungen während des Studiums und der Arbeit an dieser Dissertation.

Widmung

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	7
1. ZUSAMMENFASSUNG	9
2. EINLEITUNG	10
2.1. Depression bei Kindern und Jugendlichen	10
2.1.1. Definition, Epidemiologie und Ätiologie	10
2.1.2. Klinisches Erscheinungsbild einer Depression im Kindes- und Jugendalter	11
2.1.3. Diagnostik und Erfassung depressiver Störungen	11
2.1.4. Therapiemöglichkeiten	13
2.2. Prozesse der neurokognitiven Funktion	14
2.2.1. Exekutive Funktion	14
2.2.2. Arbeitsgedächtnis	15
2.3. Zusammenhang von Depression und Prozessen der neurokognitiven Funktion	16
2.4. Zusammenhang von neurokognitiver Funktion und körperlicher Aktivität	17
2.5. Zusammenhang von körperlicher Aktivität und Depression	17
3. MATERIAL UND METHODEN	19
3.1. Forschungsprojekt „Balacing Vibrations“	19
3.1.1. Studiendesign	19
3.1.2. Stichprobe	20
3.1.3. Durchführung	21
3.1.4. Erhebungsinstrumente der kognitiven Leistung	24
(1) CANTAB	24
(2) Fragebögen	27
3.2. Verwendete statistische Methoden	29
4. ERGEBNISSE	30
4.1. Deskriptive Statistik	30
4.2. Überprüfung der Hypothesen	30
4.2.1. Veränderung der exekutiven Funktion	30
(1) AST	31

(2) DMS	34
(3) ERT	36
(4) OTS	37
4.2.2. Veränderung der kognitiven Selbstbeurteilung	40
(1) DIKJ	40
(2) BDI-II	41
4.2.3. Veränderung der Depressivität	42
5. DISKUSSION	45
5.1. Übersicht der Forschungsergebnisse	45
5.2. H1	46
5.3. H2	47
5.4. H3	49
5.5. H4	49
5.6. Limitationen und Aussichten	50
6. LITERATURVERZEICHNIS	51
7. ANHANG	58
7.1. Abbildungsverzeichnis	58
7.2. Tabellenverzeichnis	58

Abkürzungsverzeichnis

ADHS	Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung
AST	Attention Switching Task
ASTLCMD	AST Reaction Latency Median Congruent
ASTLSWMD	AST Reaction Latency Median Switching Blocks
BELLA-Studie	Befragung zum seelischen Wohlbefinden und Verhalten
BDI-II	Beck Depressions Inventar II
BDNF	Brain-Derived-Neurotrophic-Factor
CANTAB	Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery
CBCL	Child Behavior Checklist
CDI	Children's Depression Inventory
CDRS	Children's Depression Rating Scale
DIKJ	Depressionsinventar für Kinder und Jugendliche
DISYPS-II	Diagnostik System für psychische Störungen im Kindes- und Jugendalter nach ICD-10 und DSM-IV
DLPFC	Dorsolateraler präfrontaler Kortex
DMS	Delayed Matching to Sample
DSM-IV/V	Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders
DTK	Deutscher Depressionstest für Kinder
EF	Exekutive Funktion
EKG	Elektrokardiogramm
ERT	Emotion Recognition Task
GYM	Gymnastikgruppe
HZ	Hertz
ICD-10	International Classification of Diseases 10
IG	Interventionsgruppe
ICF	Intracortical Facilitation
IG	Interventionsgruppe
IL-6	Interleukin 6
IQ	Intelligenzquotient
KI	95%-Konfidenzintervall
KJP	Kinder- und Jugendpsychiatrie
K-SADS-PL	Kiddie Schedule for Affective Disorders and Schizophrenia Present and Lifetime
KG	Kontrollgruppe

LICI	Long Interval Intracortical Inhibition
M	Mittelwert
MAS	Multiaxiale Klassifikationsschema für psychische Störungen des Kindes- und Jugendalters
MEP	Motor Evoked Potential
Min	Minuten
MMRM	Gemischtes Modell für wiederholte Messungen
SD	Standardabweichung
SICI	Short-Interval Intracortical Inhibition
OTS	One-Touch Stockings of Cambridge
TAU	Treatment as usual
VP	Vibrationsplattengruppe
Wdh	Wiederholungen
WVK	Wahrgenommene körperlicher Verfassung
YSR	Youth Self Report

1. Zusammenfassung

Depressionen zeigen bei Kindern und Jugendlichen eine steigende Prävalenz. Dementsprechend ist es wichtig zu erforschen, welche Faktoren die Symptomatik lindern können. Ein Symptom bei depressiv Erkrankten sind Defizite in neurokognitiven Funktionen. Dazu gehören neben der Konzentrationsfähigkeit unter anderem die exekutiven Funktionen und das Arbeitsgedächtnis. In diesem Zusammenhang gibt es vermehrt Forschung darüber, dass körperliche Aktivität sowohl zur Linderung der Depression beiträgt als auch zu einer Verbesserung der neurokognitiven Funktionen führt. Vor diesem Hintergrund war es das Ziel der vorliegenden Arbeit, zu untersuchen, inwiefern sich körperlicher Aktivität auf die exekutive Funktion, das Arbeitsgedächtnis und die Depression auswirkt. Hierfür wurde von der Interventionsgruppe ein sechswöchiges intensives Vibrationsplattentraining durchgeführt, die Kontrollgruppe absolviert ein Gymnastiktraining. Mithilfe der Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery

(CANTAB) wurden die Veränderungen in den verschiedenen neurokognitiven Funktionen analysiert.

Die Ergebnisse sind heterogen. Hinsichtlich der Prozesse Attention Shifting und Inhibition zeigte die Interventionsgruppe insgesamt eine deutlich stärkere Verbesserung im Vergleich zur Kontrollgruppe. Dies ist darauf zurückzuführen, dass vor der Intervention ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen bestand, der sich nach der Intervention weitgehend ausglich. Für das visuelle Gedächtnis, das Arbeitsgedächtnis und die soziale Kognition zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen nach der Intervention. Im Hinblick auf die Depression wurde in beiden Gruppen eine signifikante Verbesserung festgestellt. Die aktuelle Literatur weist bereits heterogene Ergebnisse hinsichtlich des Einflusses körperlicher Aktivität auf neurokognitive Funktionen und Depression auf. Unsere Studie zeigt ein ähnliches Muster, sodass kein eindeutiger Zusammenhang festgestellt werden kann. Allerdings deutet sich ein potenzieller Einfluss vor allem auf die Prozesse Inhibition und Shifting an, der in zukünftigen Studien genauer untersucht werden sollte. Die Interpretation der Ergebnisse hinsichtlich des spezifischen Einflusses körperlicher Aktivität auf die Veränderung von Depression und kognitiver Funktion wird dadurch eingeschränkt, dass die Sporttherapie als Add-on zur Regeltherapie durchgeführt wurde, wodurch der Effekt der Regelbehandlung nicht eindeutig isoliert werden kann. Aufgrund des ausgebliebenen Gruppenunterschieds muss zudem in Betracht gezogen werden, dass das Gymnastiktraining an sich einen Einfluss haben könnte, der in zukünftigen Studien genauer untersucht werden sollte. Um die Reliabilität und Validität der Ergebnisse zu stärken, wären weitere Studien mit größeren Fallzahlen erforderlich. Darüber hinaus sollte das Studiendesign eine Placebo-Sportgruppe im Sinne einer ShamInterventionsgruppe sowie eine Kontrollgruppe ohne jegliche Sporttherapie umfassen, um präzise zu untersuchen, welche Aspekte der Depression und der neurokognitiven Funktionen spezifisch durch körperliche Aktivität beeinflusst werden.

2. Einleitung

Diese Arbeit befasst sich mit dem Thema Depression und Prozessen der neurokognitiven Funktionen bei Kindern und Jugendlichen sowie dem Effekt körperlicher Aktivität auf diese beiden Aspekte. Daher werden zunächst die theoretischen Grundlagen und anschließend der Zusammenhang zwischen Depression und Prozessen der neurokognitiven Funktionen erläutert.

2.1. Depression bei Kindern und Jugendlichen

2.1.1. Definition, Epidemiologie und Ätiologie

Die Erkrankung Depression zählt zu den affektiven Störungen und ist definiert als Zustand von gedrückter Stimmung, Antriebsminderung sowie Interessenverlust (Deutsches Institut für medizinische Dokumentation und Information, DIMDI, 1994). Eine im Jahr 2018 publizierte Studie zeigt für depressive Symptomatik bei Mädchen und Jungen im Alter von 12-17 Jahren eine Punktprävalenz von 8,2 %. Mädchen zeigen mit 11,6 % im Vergleich zu Jungen mit 5,0 % signifikant häufiger depressive Symptome (Wartberg et al., 2018). Darüber hinaus ergab die Befragung zum seelischen Wohlbefinden und Verhalten (BELLA Studie), dass 15,4 % der Jungen und 21,7 % der Mädchen im Alter von 11-17 Jahren in der Selbstbeurteilung angeben, unter einer depressiven Verstimmung zu leiden. Zudem besteht bei Jugendlichen mit hohen Depressionswerten ein erhöhtes Risiko für psychiatrische Komorbiditäten. Zu diesen gehören unter anderem Angststörungen, Hyperaktivität, Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) und Suizidalität (Bettge et al., 2008). Aktuelle Untersuchungen zu den Folgen der COVID-19 Pandemie zeigen, dass sich 70,7% der Kinder und Jugendlichen durch die Pandemie und den damit einhergehenden Veränderungen belastet fühlten. Zudem deuteten die Ergebnisse auf Item Ebene eine Tendenz zur Zunahme der Depressivität an (RavensSieberer et al., 2021).

Die Einteilung kann nach der Schwere und der Dauer des klinischen Bildes, dem Ausmaß der Beeinträchtigung, dem Vorliegen psychotischer Symptome und der Abgrenzung zu einer bipolaren Störung erfolgen (Maïke Preiß and Helmut Remschmidt, S. 386). Ätiologisch kann eine Depression multifaktoriell bedingt sein. Zu den möglichen Faktoren zählen genetische, neurobiochemische und neuroendokrinologische Befunde sowie chronobiologische Faktoren, belastende Lebensereignisse, Persönlichkeitsfaktoren und somatische Erkrankungen (Schmauss & Messer, 2003). Außerdem können spezifische und nicht-spezifische Risikofaktoren zur Entstehung einer Depression beitragen. Spezifische Risikofaktoren umfassen familiäre Belastung mit affektiven Erkrankungen, bedeutende Verlusterfahrungen wie der Tod eines Elternteils sowie Trennung der Eltern oder Umzug. Negativ geprägte Denkweisen wie Hoffnungslosigkeit, vermindertes Selbstwertgefühl und pessimistische Attributionen werden ebenfalls mit einem erhöhten Risiko assoziiert. Dahingegen gelten Armut, Gewalt- und negativer Lebenserfahrungen und soziale Isolation als unspezifische

Risikofaktoren (Beardslee et al., 2012). In der von Wartberg et al. (2018) veröffentlichten Studie zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten depressiver Symptome und weiblichem Geschlecht, höherem Lebensalter, negativerem Körperbild, problematischerem Gebrauch sozialer Medien und geringerer Zufriedenheit mit den Familienbeziehungen. Demnach weisen diese Aspekte ebenfalls auf ein erhöhtes Risiko hin an einer Depression zu erkranken.

2.1.2. Klinisches Erscheinungsbild einer Depression im Kindes- und Jugendalter

Zu den Hauptsymptomen einer Depression zählen nach ICD-10 bei Kindern und Jugendlichen eine seit mindestens zwei Wochen bestehende gedrückte Stimmung, Interessenverlust und Freudlosigkeit sowie Antriebshemmung. Es kann eine Einteilung in psychopathologische und somatische Symptome vorgenommen werden. Zudem variiert das klinische Erscheinungsbild in den unterschiedlichen Altersstufen. Jugendliche können psychopathologisch Zeichen wie Teilnahmslosigkeit, Verzweiflung, Wut, läppischer Affekt, Verlangsamung von Denken und Handeln und kognitive Einschränkungen aufweisen. Als somatische Symptome werden für Jugendliche unter anderem Schlaf- und Essstörungen und die Unfähigkeit zur Entspannung und Erholung beschrieben (Mehler-Wex, 2008). Außerdem können sich die Symptome im Kindes- und Jugendalter, von denen im Erwachsenenalter unterscheiden. So kann zum Beispiel das Krankheitszeichen Anhedonie vom Jugendlichen als „Langeweile“ beschrieben werden und traurige Verstimmung in Rückzugstendenzen münden (Goldman, 2012). Im Kindes- und Jugendalter treten Symptome, welche die kognitiven Funktionen betreffen, mehr in den Vordergrund. Als Beispiele zu nennen sind hier Konzentrationsprobleme, Verlangsamung von Denken und Handeln sowie Leistungsprobleme (Mehler-Wex & Kölch, 2008). In einer Metaanalyse konnten bei jungen Erwachsenen mit depressiver Störung Einschränkungen der neurokognitiven Funktion und hier besonders im Bereich der exekutiven Funktion nachgewiesen werden (Castaneda et al., 2008). Dieses Symptom äußert sich in Störungen der kognitiven Flexibilität, Aufmerksamkeit, Verarbeitung und Wachsamkeit bei Patient*innen mit Depression im Vergleich zu gesunden Proband*innen (Gualtieri et al., 2006).

2.1.3. Diagnostik und Erfassung depressiver Störungen

Zur Diagnosestellung einer Depression können die Kriterien des Klassifikationssystems Diagnostic And Statistical Manual of Mental Disorders (DSM) herangezogen werden (Paulitsch, 2009). Das DSM liegt mittlerweile in der 5. Edition vor (American Psychiatric Association, 2013). Beide Klassifikationssysteme können in drei Kategorien eingeteilt werden: klinische Bedeutung, Dauer der Symptome und Schweregrad. Die klinische Bedeutung umfasst Aspekte wie die Einschränkung oder den Stress bei der Arbeit und im sozialen Leben. Sowohl im ICD10 als auch im DSM-IV müssen die Symptome für mindestens zwei Wochen bestehen. Die Einteilung des Schweregrades erfolgt im ICD-10 anhand der Anzahl von Haupt-

und Nebenkriterien in mild, moderat und schwer. Für das DSM IV ist die Voraussetzung, dass entweder depressive Verstimmung oder Verlust von Interesse vorhanden sind und die Anzahl der weiteren Symptome entscheidet über die Schwere der Depression (Alan M. Gruenberg et al., 2005).

Nach ICD-10 kann die Einteilung einer Depression in unterschiedliche Formen erfolgen: depressive Episode, rezidivierende depressive Episode, anhaltende affektive Störung (Dysthymie) und depressive Episode im Rahmen eines bipolaren Verlaufs. Im Rahmen der Diagnostik einer depressiven Störung wird das klinische Bild mit sogenannten Haupt- und Zusatzsymptomen herangezogen (Tabelle 1). Anhand der beschriebenen Symptome erfolgen Diagnosestellung und Schweregradeinteilung. Eine leichte depressive Episode wird diagnostiziert, wenn zwei Haupt- und mindestens zwei Zusatzsymptome vorliegen. Bei zwei Haupt- und drei bis vier Zusatzsymptomen wird von einer mittelgradigen Episode gesprochen. Die Diagnose einer schweren Episode kann gestellt werden, wenn drei Haupt- und mindestens vier Zusatzsymptome vorliegen. Dabei müssen für eine Diagnose die Beschwerden über einen Zeitraum von mindestens zwei Wochen anhalten. Außerdem kann beim Vorliegen einer leichten bzw. mittelgradigen depressiven Episode eine Depression mit somatischem Syndrom diagnostiziert werden. Dabei können zusätzlich Symptome wie die mangelnde Fähigkeit auf eine freundliche Umgebung oder freudige Ereignisse emotional zu reagieren, frühmorgendliches Erwachen, Morgentief und deutlicher Appetitverlust auftreten. Eine schwere Depression kann mit psychotischen Symptomen wie Wahnideen, Halluzinationen oder depressiven Stupor einhergehen (Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde & Ärztliches

Zentrum für Qualität in der Medizin [ÄZQ], 2015)

Tabelle 1: Haupt- und Zusatzsymptome einer depressiven Störung

Hauptsymptome	Zusatzsymptome
Gedrückte Stimmung	Verminderte Konzentration und Aufmerksamkeit
Interessenverlust und Freudlosigkeit	Vermindertes Selbstwertgefühl und Selbstvertrauen
Antriebsminderung und Aktivitätseinschränkung	Schuldgefühle und Gefühle von Wertlosigkeit
	Negative und pessimistische Einstellung zur Zukunft
	Suizidgedanken
	Schlafstörungen
	Verminderter Appetit

Quelle: Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde & Ärztliches Zentrum für Qualität in der Medizin [ÄZQ], 2015

Bei Kindern und Jugendlichen erfolgt die Erfassung einer unipolaren depressiven Störung mittels spezieller Interviews oder Fragebögen, welche die Kriterien des ICD-10 und DSM-V erfassen. Unter anderem wird hier das Diagnostik System für psychische Störungen im Kindes- und Jugendalter (DISYPS-KJ) und der Kiddie Schedule for Affective Disorders and Schizophrenia Present and Lifetime (K-SADS-PL) genutzt. Als spezifische Depressionsfragebögen dienen das Depressionsinventar für Kinder und Jugendliche (DIKJ), die Children's Depression Rating Scale (CDRS) und das Beck-Depressions-Inventar (BDI) (Mehler-Wex, 2008). Das K-SADS ist ein klinisches Interview, welches sowohl gegenwärtige als auch zurückliegende Episoden psychischer Störungen bei Kindern und Jugendlichen nach DSM-IV erfasst (Deutsche K-SADS-Arbeitsgruppe, 2001)

2.1.4. Therapiemöglichkeiten

Um eine Remission der Depression zu erreichen und einer Chronifizierung vorzubeugen, stehen verschiedene Therapieansätze zur Verfügung. Dazu zählen in erster Linie eine Psychotherapie (Verhaltenstherapie, interpersonelle Therapie), eine pharmakologische Therapie und Maßnahmen zur Förderung psychischer Gesundheit. Auf weitere Ansätze mit unzureichender Evidenz wird in dieser Dissertation nicht eingegangen. Eine Besonderheit in der Behandlung von Kindern und Jugendlichen stellt die Zusammenarbeit mit Eltern oder Betreuer*innen dar (Dolle & Schulte-Körne, 2013).

Eine Therapiemöglichkeit ist die Psychotherapie, wobei hier die kognitive Verhaltenstherapie (VT) am häufigsten untersucht wurde. Die Studien hierzu zeigen, dass die VT kurzfristig wirksamer als verschiedene Vergleichsbedingungen zum Erreichen einer Remission der Depression ist. Die langfristigen Ergebnisse zeigen inkonsistente Ergebnisse (Dolle & Schulte-Körne, 2013). In einer Metaanalyse zur Wirkung von Psychotherapie in verschiedenen Altersgruppen wurde festgestellt, dass die Effektstärke für Psychotherapie bei Kindern und Jugendlichen deutlich schwächer ist als bei Erwachsenen. Die Autor*innen stellen die Vermutung auf, dass Psychotherapie bei jüngeren Patienten nicht effektiv sein könnte (Cuijpers et al., 2020). Als weiteren wichtigen Bestandteil der Behandlung wurde in einer Metaanalyse die Wirksamkeit von Pharmakotherapie bei depressiven Kindern und Jugendlichen untersucht. Es zeigte sich generell eine limitierte Wirksamkeit von Antidepressiva bei der Behandlung einer Depression bei jüngeren Patient*innen. Die effektivste Therapie konnte für Serotonin-Wiederaufnahme-Hemmer nachgewiesen werden (Tsapakis et al., 2008). So wird ebenfalls in der Leitlinie zur Behandlung von depressiven Störungen bei Kindern und Jugendlichen das Medikament Fluoxetin als medikamentöses Mittel der ersten Wahl bei depressiven Jugendlichen empfohlen (Dolle & Schulte-Körne, 2013). Da die bisher etablierten Methoden unzureichende Remissionsraten aufweisen und Nebenwirkungen zeigen, ist es entscheidend zusätzliche bzw. alternative Verfahren zu etablieren. Hier stellt die sportliche Aktivität eine weitere Maßnahme zur Behandlung einer depressiven Störung dar. In der

nationalen Versorgungsleitlinie wird die starke Empfehlung zur Durchführung von Bewegungs- und Sporttherapie als unterstützende Therapiemaßnahme bei einer unpolaren Depression bei Erwachsenen ausgesprochen (Bundesärztekammer [BÄK] et al.). Eine Metaanalyse untersuchte den therapeutischen Effekt von körperlicher Aktivität bei depressiven jungen Erwachsenen (12-25 Jahre) in randomisiert-kontrollierten Studien. Die Ergebnisse dieser Metaanalyse zeigen, dass die Ausführung von körperlicher Aktivität zu einer Verbesserung der depressiven Symptomatik führt (Bailey et al., 2018). Zudem konnte gezeigt werden, dass vermehrte körperliche Aktivität bei Kindern und Jugendlichen mit geringeren depressiven Symptomen einhergeht (Korczak et al., 2017).

2.2. Prozesse der neurokognitiven Funktion

2.2.1. Exekutive Funktion

Die neurokognitiven Funktionen gehören zum Gebiet der kognitiven Neurowissenschaften und umfassen Prozesse wie Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Sprache, Denken, Vorstellung, Gedächtnis, Handeln, Reagieren, Motorik und Emotion (Karnath & Thier, 2012). Ein Bestandteil dieser Prozesse ist die exekutive Funktion. Durch diese werden Verhaltensmuster und Strategien an die Bedingungen einer gegebenen Situation ausgewählt und angepasst (Karnath & Thier, 2012). Genauer umschrieben ist die exekutive Funktion ein System, welches Handlungen und Gedanken kontrolliert. Zum Einsatz kommt dieses System vor allem bei nicht-automatisierten Prozessen, wenn mehrere Schritte zur Planung notwendig sind. Exekutive Funktionen werden als Kontrollprozesse verstanden, die es einem Individuum erlauben, sein Verhalten situationsgerecht zu optimieren, indem die grundlegenden psychischen Funktionen zielführend eingesetzt werden (Jäncke, 2013, S. 388). Die psychischen Funktionen, die der exekutiven Funktion zugeordnet werden, sind:

- Setzen von Zielen
- Planen
- Entscheiden
- Setzen von Prioritäten
- Starten und Sequenzieren von Handlungen
- Kontrolle und Beobachtung von Handlungsergebnissen
- Korrektur eigener Handlungen
- Erkennen von Fehlern
- Umgang mit neuen Informationen
- Regellernen, Aufrechterhalten von Handlungsplänen
- Selbstkontrolle
- abstraktes Denken
- motorische Kontrolle

(Jäncke, 2013)

In der Literatur existieren verschiedene theoretische Ansätze, zur Erläuterung des Ablaufs der Prozesse der exekutiven Funktion. Relevant für diese Arbeit sind sowohl das Konzept der Basisfunktionen als auch die Theorie der somatischen Marker. Die von Miyake et al. (2000) entwickelte Theorie der Basisfunktionen umfasst die folgenden drei Prozesse:

- 1) Attention Shifting = Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus
- 2) Updating = Aktualisieren von Arbeitsgedächtnisinhalten
- 3) Inhibition = Inhibition dominanter Antworttendenzen

Im Rahmen der hier präsentierten Forschungsarbeit wurde der Fokus vor allem auf die Prozesse Attention Shifting und Inhibition gelegt. Beim Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus handelt es sich um die Fähigkeit Reaktionen an eine Änderung der Regeln (zum Beispiel wie eine Aufgabe ausgeführt werden soll) anzupassen. Dieser Prozess wird von Vilgis et al. (2015) als sehr anspruchsvoll beschrieben. Die Inhibition dominanter Antworttendenzen wird durch den Stroop-Effekt erfasst. Dieser besagt, dass sich die Reaktionszeit einer Antwort bei der Präsentation widersprüchlicher Reize verlängert (Stroop, 1935). Der zweite für diese Arbeit relevante Prozess ist die soziale Kognition, welche beispielsweise für die Erkennung und Beurteilung von emotionalen Reaktionen wichtig ist. Die soziale Kognition wird nach der Theorie von Damasio (1994) von somatischen Markern beeinflusst. Dies sind Emotionen und Gefühle, die Reaktionen beeinflussen, welche als "Richtungsweiser für die Verhaltenskontrolle und -planung" dienen (Jäncke, 2013).

2.2.2. Arbeitsgedächtnis

Das Arbeitsgedächtnis wird als Bindeglied zwischen Kurz- und Langzeitgedächtnis definiert. Einerseits wird das Arbeitsgedächtnis von Wissenschaftler*innen als eigenständige Funktion der Neurokognition beschrieben. Andererseits wird es ebenfalls als Bestandteil der exekutiven Funktion angesehen. Es hat die Aufgabe, Informationen zu halten sowie zu manipulieren. Das bedeutet, dass die im Arbeitsgedächtnis gehaltenen Informationen organisiert, assoziiert und transformiert werden. Zudem kann das Arbeitsgedächtnis in weitere Unterformen eingeteilt werden. Für diese Arbeit ist das visuelle Arbeitsgedächtnis bedeutend. Dieses wird in zwei Komponenten unterteilt: das räumliche und das Arbeitsgedächtnis für Objekte (Jäncke, 2013). Eine der relevanten neuroanatomischen Strukturen für die Prozesse des Arbeitsgedächtnisses ist der Frontalkortex. So zeigt sich während der Durchführung von Arbeitsgedächtnisaufgaben an Menschen in Untersuchungen zur Hirnaktivität mittels funktioneller Magnetresonanztomografie eine Durchblutungszunahme unter anderem im dorsolateralen Präfrontalen Kortex (DLPFC), Parietallappen und Temporalkortex. Zudem wird beschrieben, dass der DLPFC vor allem die Manipulation von eintreffenden Informationen übernimmt und inhaltlich für das räumliche Arbeitsgedächtnis zuständig ist (Jäncke, 2013). Depression, neurokognitive Funktion und körperliche Aktivität

2.3. Zusammenhang von Depression und Prozessen der neurokognitiven

Funktion

Menschen mit Depressionen zeigen eine Dysfunktion der neurokognitiven Funktionen im Vergleich zu gesunden Kontrollgruppen aufweisen. Es besteht zudem eine negative Korrelation zwischen dem Schweregrad der Symptomatik und den Ergebnissen von Messungen zur Neurokognition (Dotson et al., 2020). Bei der Beeinträchtigung der Kognition im Rahmen der Depression weisen Patient*innen mit Depressionen vor allem signifikante kognitive Defizite der exekutiven Funktion auf (Rock et al., 2014). Derartige Probleme, die mit der Kontrolle und Organisation von Prozessen wie Aufmerksamkeit, Gedächtnis und Planung einhergehen, konnten auch bei depressiven Jugendlichen nachgewiesen werden (Shehab et al., 2016). Auch zeigen Kinder und Jugendliche mit Depressionen Defizite bei der Aufmerksamkeitsverschiebung auf (Wagner et al., 2015). Ein weiteres Beispiel für die Veränderung der neurokognitiven Funktionen bei depressiven Jugendlichen ist die Verzerrung der Emotionsverarbeitung. Es wurde gezeigt, dass weibliche Jugendliche mit einer Depression traurige Gesichter besser und glückliche Gesichter schlechter erkennen (Auerbach et al., 2015). Auch im Bereich des visuellen Gedächtnisses als Teil der neurokognitiven Funktion weisen depressive Proband*innen Defizite im Sinne einer Verzögerung der Durchführung bestimmter Aufgaben auf (Becker et al., 2009). Relevant sind die oben genannte Defizite, da sie die Fähigkeit vermindern, Handlungen zu analysieren und zu planen, Prioritäten zu setzen, Termine zu planen sowie Aufgaben einzuleiten und die fristgerechte fertigzustellen (Wagner et al., 2015).

Ein möglicher Erklärungsansatz für die oben beschriebenen Veränderungen der exekutiven Funktionen und des Arbeitsgedächtnisses sind strukturelle Veränderungen bestimmter Hirnregionen und der Einfluss von Neurotransmittern. Die exekutiven Funktionen werden im präfrontalen Kortex gesteuert. Hier spielt vor allem der dorsolaterale präfrontale Kortex (DLPFC) eine entscheidende Rolle für das Arbeitsgedächtnis und den Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus. Der ventral laterale präfrontale Kortex ist für den Prozess der Inhibition zuständig (Jones & Graff-Radford, 2021). Zudem wird beschrieben, dass ein positiver Zusammenhang zwischen der Ausführung von Inhibitionsaufgaben und der Integrität der weißen Substanz im Bereich des Frontalkortex besteht (Madsen et al., 2010). Neurotransmitter wie der Brain-Derived-Neurotrophic-Factor (BDNF) steuern die neuronale Plastizität und beeinflussen somit die Neurogenese in limbischen Strukturen wie dem Hippocampus und dem DLPFC (Brigadski & Lessmann, 2014). Eine Verminderung der BDNF-Spiegel kann durch Stress ausgelöst werden. Dies führt unter anderem zu einer Atrophie des präfrontalen Kortex. Diese beiden Aspekte konnten bei depressiven Proband*innen nachgewiesen werden (Duman & Monteggia, 2006). Demnach ist eine verminderten Aktivität im DLPFC (Koenigs & Grafman, 2009) und ein nachweislicher Volumenverlust von limbischen Strukturen bei depressiven

Jugendlichen ein möglicher Erklärungsansatz für die Verschlechterung der Neurokognition im Rahmen von Depressionen (Sheline, 2003).

2.4. Zusammenhang von neurokognitiver Funktion und körperlicher Aktivität

Durch körperliche Aktivität kommt es zu einem Anstieg von BDNF im Blut (Eyre et al., 2013). Darüber hinaus konnte die Aktivität im präfrontalen Kortex nachweislich durch aerobes Ausdauertraining gesteigert werden (Davis et al., 2011). Zusätzlich besteht eine positive Korrelation zwischen einem höheren Fitnessniveau und der Vollständigkeit der weißen Substanz im präfrontalen Kortex gemessen anhand der fraktionellen Anisotropie der Diffusion (Marks et al., 2007). Daraus wird geschlossen, dass körperliche Aktivität über die Aufrechterhaltung bzw.

Förderung der Vollständigkeit der weißen Substanz einen positiven Effekt auf die exekutiven Funktionen hat (Verburgh et al., 2014). Das spiegelt sich in einem weiteren Forschungsstrang wider, welcher zeigt, dass sich Fitnesstraining bei Kindern und Jugendlichen positiv auf die exekutive Funktion auswirkt (Best, 2010).

2.5. Zusammenhang von körperlicher Aktivität und Depression

Ein weiterer Aspekt in der Forschung befasst sich mit der Beziehung zwischen körperlicher Aktivität und Depression. Es konnte nachgewiesen werden, dass bei depressiven Kindern und Jugendlichen durch körperliche Aktivität eine Verbesserung der Symptome der Depression erreicht werden kann (Alghadir et al., 2016; Wunram et al., 2018). Körperliche Aktivität wird als eine effektive Intervention bei Depression beschrieben und kann als sinnvolle Zusatzbehandlung in Kombination mit Antidepressiva gesehen werden (Kvam et al., 2016).

Inwieweit sich Depression, körperliche Aktivität und neurokognitive Funktionen gegenseitig beeinflussen, bleibt in der bisherigen Forschung unklar. Dementsprechend ist das Ziel dieser Arbeit, diese Forschungslücke zu schließen. In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, welcher Zusammenhang zwischen Depression, körperlicher Aktivität und neurokognitiven Funktionen besteht. Daher bezieht sich die Fragestellung dieser Arbeit spezifisch auf die Effekte von körperlicher Aktivität auf die Neurokognition bei depressiven Kindern und Jugendlichen.

Folgende Hypothesen werden im Rahmen dieser Arbeit aufgestellt:

- 1) Durch ein 6-wöchiges intensives Vibrationsplattentraining tritt in der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe eine signifikante Verbesserung der exekutiven Funktion ein (gemessen mittels Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB) Subtest Attention Switching Task (AST))
- 2) Durch ein 6-wöchiges intensives Vibrationsplattentraining tritt in der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe eine signifikante Verbesserung der neurokognitiven Funktionen ein (gemessen mittels CANTAB Subtests Delayed

Matching to Sample (DMS), One-Touch-Stockings of Cambridge (OTS) und Emotion Recognition Task (ERT))

- 3) Durch ein 6-wöchiges intensives Vibrationsplattentraining tritt in der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe eine signifikante Verbesserung der kognitiven

Selbstbeurteilung ein (ermittelt anhand spezifischer Kognitionsitems des BDI und DIKJ)

- 4) Durch ein 6-wöchiges intensives Vibrationsplattentraining tritt in der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe eine signifikante Verbesserung der Depressivität ein (ermittelt anhand des DIKJ-Rohwerts)

3. Material und Methoden

3.1. Forschungsprojekt „Balancing Vibrations“

Im Forschungsprojekt „Balancing Vibrations“ (BV) wird untersucht welchen Einfluss Ganzkörpervibrationsplattentraining auf die klinischen Symptome und die Neurobiologie von Jugendlichen mit depressiven Störungen hat. Die Durchführung der Studie erfolgt seit Februar 2017 an der Kinder- und Jugendpsychiatrie (KJP) der Uniklinik Köln und ist zum Zeitpunkt der Datenauswertung für diese Arbeit noch nicht beendet. Die Studie wird unter der Leitung von Frau Dr. Heidrun Lioba Wunram (Oberärztin KJP Uniklinik Köln) und Lea Biermann (Wissenschaftliche Mitarbeiterin) organisiert. Kooperationspartner*innen sind: Prof. O. Fricke (Gemeinschaftskrankenhaus Herdecke, Lehrstuhl der Universität Witten/Herdecke), Dr. Alexander Ranft (Leitender Arzt der Neuroradiologie, Gemeinschaftskrankenhaus Herdecke, Lehrstuhl der Universität Witten/Herdecke), Prof. Dr. med. E. Schönau (Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendmedizin, Universität zu Köln), Univ.-Prof. Dr. med. J. Dötsch (Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendmedizin, Universität zu Köln), Dr. med. F. Körber (Institut und Poliklinik für radiologische Diagnostik, Universität zu Köln), Prof. Dr. W. Bloch (Deutsche Sporthochschule Köln) und Prof. Dr. B. Wirtz (Institut für Humangenetik, Uniklinik Köln), PD Esther Mahabir-Brenner (CMMC Köln, Leiterin Assistierte Reproduktionstechnologien) und Prof. Dr. C. Kirschbaum (Lehrstuhlinhaber Biopsychologie, Technische Universität Dresden). Gefördert wird das Forschungsprojekt durch die Marga und Walter Boll Stiftung.

Ziel des Forschungsprojektes ist es die Effektivität von körperlicher Aktivität als zusätzliche Therapieoption bei Jugendlichen mit einer depressiven Störung zu untersuchen. Dafür sollen folgende Aspekte erforscht werden:

- 1) Welche Wirkmechanismen liegen den Effekten einer Sportbehandlung durch Ganzkörpervibrationsplattentraining zugrunde?
- 2) Sind die untersuchten Effekte spezifisch?
- 3) Inwiefern unterscheidet sich ein kurzfristiger von einem langfristigen therapeutischen Effekt bei einer Sportintervention?

Die Beantwortung dieser Fragen stellt die Voraussetzung zur Durchführung einer deutschlandweiten multizentrischen Studie der Deutschen Forschungsgemeinschaft dar.

In dieser Arbeit wird die Veränderung durch körperliche Aktivität auf die neurokognitiven Funktionen untersucht, wobei besonderes Augenmerk auf die Entwicklung der exekutiven Funktion gelegt wird. Da es sich um eine sehr umfangreiche Studie handelt, erfolgt zunächst ein Überblick zu Studiendesign, Stichprobe und Durchführung. Anschließend werden die Instrumente zur Erhebung der kognitiven Leistung beschrieben.

3.1.1. Studiendesign

Die Studie „Balancing Vibrations“ ist eine prospektive, doppelt verblindete, randomisiert-kontrollierte Interventionsstudie im Längsschnittdesign. Insgesamt sollen 82 Proband*innen in

die Studie eingeschlossen werden, von welchen zum Zeitpunkt der Datenerhebung bereits 63 Proband*innen rekrutiert wurden. Die Randomisierung erfolgt in zwei Gruppen als stratifizierte Blockrandomisierung mit den Stratifizierungsfaktoren Alter und Geschlecht. Die Zuordnungswahrscheinlichkeit zu einer Gruppe liegt bei 50%. Beide Gruppen erhalten eine 6-wöchige Sporttherapie plus Treatment as usual (TAU), was die generelle multimodale Therapie Rahmen des Klinikaufenthalts in der KJP umfasst. Die multimodale Therapie umfasst unter anderem Behandlungsoptionen wie Einzel- oder Gruppentherapie, Bewegungstherapie, Kunsttherapie und Musiktherapie. In der Interventionsgruppe wird ein intensives Ganzkörpervibrationstraining auf einer Galileo®Vibrationsplatte (Modell Advanced Plus) von Novotec Medical GmbH durchgeführt. Die Kontrollgruppe absolviert ein Gymnastiktraining, welches weder Muskelaufbau noch kardiovaskuläre Beanspruchung beinhaltet. Die Gymnastikgruppe stellt eine „Sham-Kontrollgruppe dar, durch die unter anderem Faktoren wie Zuwendungseffekte als Einflussfaktoren rausgefiltert werden sollen. Die Daten werden an vier Messzeitpunkten erhoben: vor der Intervention, nach 6-wöchiger Sporttherapie, 14 sowie 26 Wochen nach Aufnahme in die Studie. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird für die Messzeitpunkte 1,2,3 und 4 jeweils die Bezeichnung t0, t2, t3 und t4 verwendet.

Der Ethikantrag wurde von der Ethikkommission der Uniklinik Köln genehmigt und die Registrierungsnummer im Deutschen Register Klinischer Studien ist DRKS00011772. Außerdem hält die Studie die Richtlinien der Deklaration von Helsinki (2004) ein. Es erfolgte bei allen Proband*innen und ihren Sorgeberechtigten eine mündliche und schriftliche Aufklärung über Inhalt und Ablauf der Studie. Des Weiteren werden die Proband*innen darüber aufgeklärt, dass sie die Teilnahme an der Studie zu jedem Zeitpunkt ohne negative Konsequenzen abbrechen können.

3.1.2. Stichprobe

Die Proband*innen wurden aus dem stationären oder teilstationären Bereich der KJP der Uniklinik Köln rekrutiert. Im Idealfall waren die Proband*innen medikations-naiv oder erhielten eine antidepressive Behandlung mindestens 6 Wochen vor Einschluss in die Studie mit einem stabilen Verlauf. Die Ein- und Ausschlusskriterien werden tabellarisch dargestellt (siehe Tabellen 2 und 3).

Tabelle 2: Einschlusskriterien

Einschlusskriterien
Depressive Episode (F32.)
Rezidivierende depressive Störung mit gegenwärtiger depressiver Episode (F33.)
Bipolare affektive Störung, gegenwärtig depressive Episode (F31.)

Alter zwischen 10 und 18 Jahren
Einverständniserklärung der Eltern und Jugendlichen
DIKJ Gesamtrohwert >16

Tabelle 3: Ausschlusskriterien

Ausschlusskriterien
Keine ausreichenden Deutschkenntnisse
Intelligenzquotient (IQ) <70
Vorerkrankungen: - Schizophrenie, aktuelle Psychose, tiefgreifende Entwicklungsstörung, schizoaffektive Störung - Aktuelle Suizidalität - Epileptische Krampfanfälle (aktuell oder jemals) - Morbus Addison - Unbehandelte Hypothyreose - Epilepsie (akut oder jemals)
Schwere Kopfverletzungen oder Operationen am Kopf
Aktueller Substanzmissbrauch
BMI <16 kg/qm
Erkrankung, die die Sporttauglichkeit einschränken
Dauer-Medikation, die psychotrope Effekte hat (Antikonvulsiva, Steroide, Neuroleptika, Benzodiazepine, Mood-Stabilizer)
Aktuelle Schwangerschaft
Metallimplantate im Kopf- oder Brustbereich (z.B. Herzschrittmacher)
Einnahme psychoaktiver Substanzen am Tag der neurophysiologischen Messung
Kaffee oder Zigarettenkonsum 24 Stunden vor der neurophysiologischen Untersuchung
Einnahme von Stimulantien am Tag der Untersuchung bzw. bei retard-Produkten innerhalb der letzten 48 Stunden vor der neurophysiologischen oder MRT-Untersuchung

3.1.3. Durchführung

Vor Einschluss in die Studie wurde eine Basisdokumentation durch die KJP erhoben und potenzielle Proband*innen der Leitung der Arbeitsgruppe vorgestellt. Zur Ermittlung von Ein- und Ausschlusskriterien wurden eine psychiatrische Untersuchung mittels DIKJ, Kiddie-SADS, CDRS-R, DISYPS-II, Youth Self Report (YSR) und Child Behavior Checklist (CBCL) durchgeführt. Zusätzlich beinhaltet die somatische Untersuchung Laborkontrollen der

Blutwerte. Die zur Auswertung verwendeten IQ-Werte wurden aus den Krankenhausakten der KJP entnommen. Die Ermittlung des IQ-Werts erfolgte dort bei der Aufnahme und es wurden die Wechsler Intelligence Scale for Children IV (WISC-IV), Wechsler Adult Intelligence Scale IV (WAIS-IV), Grundintelligenztest Skala 2-Revision (CFT 20-R), Kaufmann Assessment Battery for Children II (K-ABC II) oder der Snijders-Oomen Nicht-verbale Intelligenztest (SON-R) zur Testung verwendet.

Der erste Messzeitpunkt (t_0) erfolgte vor Beginn der Sporttherapie. Die Proband*innen trainierten mindestens an 4 und maximal an 5 Tagen pro Woche für jeweils 30 Minuten unter Anleitung einer Sporttherapeutin oder eines geschulten Doktoranden. Zu Beginn und am Ende jedes Trainings wurde ein Trainingstagebuch ausgefüllt, in welchem sowohl die Stimmung vor als auch nach dem Training als auch sonstige sportliche Aktivitäten an dem Tag abgefragt wurden.

Die Übungen des von der Interventionsgruppe ausgeführten Ganzkörper-Vibrationsplattentraining orientierten sich an Vorgaben aus dem Galileo® Trainingshandbuch (Bauer, 2009) und wurden in Zusammenarbeit mit der Deutschen Sporthochschule (DSHS) als standardisierte Übungen des Trainingsprotokolls der Studie entworfen. Der Vorteil des Vibrationsplattentraining liegt in der einfachen Ausführbarkeit und gleichzeitig hohen Intensität. Durch die Vibration werden Muskelkontraktionen ausgelöst, wodurch Koordination sowie Muskelkraft und -funktion verbessert werden (Semler et al., 2007). Es wurden insgesamt sechs Übungen durchgeführt und nach jeweils vier Trainingseinheiten erfolgte eine Steigerung der Intensität durch eine Verlängerung der Dauer einzelner Übungen oder eine Erhöhung der Frequenz der Vibrationsplatte (siehe Tabelle 4 und 5).

Tabelle 4: Übungen Vibrationsplattentraining

Übung	Frequenz (Hz)	Dauer
1. Kniebeugen	24	2 min
2. Ausfallschritte	18	10 Wdh.
3. Armhalten	24	2 min
4. Tiefe Hocke	24	2 x 1 min
5. Zehenstand mit abspreizen des Beines	24	2 min
6. Rotation mit Theraband	24	2 min

Tabelle 5: Steigerung der Übungen des Vibrationsplattentrainings

Trainingseinheit	Steigerung
4-8	Übung 1: zusätzlich Arme heben Übung 4: 26 Hz Übung 5: 26 Hz
9-12	Übung 4: 2 x 1,5 min Übung 5: 2 x 1,5 min
13-16	Übung 4: Arme über dem Kopf gestreckt halten
17-20	Übung 4: 2 x 2 min Übung 5: 2 x 2 min
21-24	Übung 4: 26 Hz, Arme über dem Kopf gestreckt halten Übung 5: 26 Hz

Dahingegen bestand das Programm der Placebo-Gymnastikgruppe aus leichten GanzkörperDehnungsübungen, die keine muskuläre Beanspruchung erzeugen. Hier wurden zu Beginn der Einheit Beine, Oberkörper und Arme abgeklopft. Anschließend wurde Kopf, Oberkörper, Arme und Beine gedehnt. Zum Schluss wurde eine Faszienrolle für die Beine und den Rücken genutzt.

Nach Beendigung des 6-wöchigen Trainings und einer Mindestanzahl von 24 Trainingseinheiten erfolgte die zweite Messung (t2) zur Datenerhebung. Eine dritte Messung (t3) zur Nachuntersuchung wurde 8 Wochen und eine vierte (t4) 12 Wochen nach Beendigung der Sportintervention durchgeführt. Tabelle 6 bietet einen Überblick darüber, welche Daten zu welchem Messzeitpunkt erhoben wurden.

Tabelle 6: Datenerhebung zu jeweiligen Messzeitpunkten

	T0	T2	T3	T4
Fragebögen DIKJ, Kiddie-Sads, CDRS-R, DISYPS-II*, YSR, CBCL, BDI II, WKV, EZK, zusätzlich Sport-Fragebögen	X	X	X	X
Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB®)	X	X	X	
MRI-Schädel (nativ)	X		X	

Elektrophysiologie (TMS-EEG): SICI, LICI, ICF, MEP am primären motorischen Kortex und Einzelimpulse am DLPFC in Ruhe und im aktivierten Zustand unter einer emotionalen n-back Aufgabe	X	X	X	
Routine Labor plus TNF-alpha, IL-6, Genetik BDNF Polymorphismus*	X	X	X	
Cortisol aus Speichelprobe	X	X	X	

*nur bei T0;

Abkürzungen: Wahrgenommene körperliche Verfassung (WKV), Eigenzustandsskala (EZK), Transkranielle Magnetstimulation – Elektroenzephalographie (TMSEEG), Short-Interval Intracortical Inhibition (SICI), Long-Interval Intracortical Inhibition (LICI), Intracortical Facilitation (ICF), Motor Evoked Potential (MEP), Tumornekrosefaktor alpha (TNF alpha), Interleukin 6 (IL-6)

Die vorzeitige Beendigung der Studie ist notwendig, wenn die Erziehungsberechtigten ihr Einverständnis zurückziehen, der/die Patient*in ausdrücklich nicht mehr zur Teilnahme an der Studie bereit ist, der/die Patient*in im Gegensatz zur Einschätzung bei der Aufnahme in die Studie nicht die Einschlusskriterien erfüllt, Ausschlusskriterien vorliegen oder neue wissenschaftliche Erkenntnisse vorliegen, die die Anwendung der eingesetzten Verfahren und die Fortführung der Studie als medizinisch bedenklich erscheinen lassen.

3.1.4. Erhebungsinstrumente der kognitiven Leistung

(1) CANTAB

Die Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB) wurde ursprünglich entwickelt, um neurodegenerative Erkrankungen wie Alzheimer zu untersuchen und zu diagnostizieren ("Neuropsychiatric Applications of CANTAB"). Heutzutage ist die CANTAB ein häufig in der Forschung eingesetztes Verfahren und wird unter anderem zum Nachweis von kognitiven Defiziten bei weiteren neurodegenerativen Krankheiten und bei psychischen Störungen wie dem Aufmerksamkeits-Defizit-Hyperaktivitäts-Störung eingesetzt (Fried et al., 2015; J. Fray et al., 1996; Müller, 2013). Aktuelle Forschungen haben herausgestellt, dass mittels CANTAB ebenfalls kognitive Dysfunktionen bei depressiven Patienten*innen erfasst werden können (Rock et al., 2014). Genauso konnte die Eignung der Anwendung bei Kindern und Jugendlichen nachgewiesen werden (Green et al., 2019). Basierend auf einer Touchscreen Technologie können 21 verschiedene Subtests angewendet werden. Mit diesen werden Induktion, visuelles Gedächtnis, exekutive Funktion, Aufmerksamkeit, semantisches/verbales Gedächtnis, Entscheidungsfindung und Reaktionskontrolle, soziale Kognition sowie der subjektive Zustand untersucht. In dieser Studie wurden die Subtests

Attention Switching Task (AST), Delayed Matching to Sample (DMS), One-Touch-Stockings of Cambridge (OTS) und Emotion Recognition Task (ERT) von den Proband*innen durchgeführt. Im Rahmen der Balancing Vibrations Studie (BV Studie) wird die Testbatterie an einem Apple iPad durchgeführt. Die Testung erfolgt morgens in einem ruhigen Raum. Es folgt eine detaillierte Aufgabenbeschreibung sowie weitere Informationen (Tabelle 7) zu den verwendeten Subtests.

AST: Bei jedem Versuch erscheint ein Pfeil auf der rechten oder der linken Seite des Bildschirms. Es wird der teilnehmenden Person ein Hinweis präsentiert, welcher zeigt, ob eine Entscheidung über a) die Richtung, in welche der Pfeil zeigt oder b) die Bildschirmseite, auf welcher der Pfeil angezeigt wird, erfolgen soll. Möglich ist, dass Pfeilrichtung und Bildschirmseite in Bezug auf den angezeigten Hinweis kongruent (z.B. Pfeil auf der rechten Seite des Bildschirms zeigt nach rechts) oder inkongruent (z.B. Pfeil auf der rechten Seite des Bildschirms zeigt nach links) sind.

DMS: Es wird ein komplexes visuelles Muster dargestellt. Es folgt entweder gleichzeitig oder mit 0,4 bzw. 12 Sekunden Verzögerung die Darstellung von drei ähnlichen und eines identischen Musters. Der/die Teilnehmende muss das Muster berühren, welches mit dem ursprünglich präsentierten Muster übereinstimmt.

OTS: Der Versuchsperson werden zwei Displays mit drei farbigen Kugeln gezeigt. Sie muss überlegen, wie viele Züge notwendig sind, damit das untere Bild in Bezug auf die Anordnung der Bälle im oberen Bild übereinstimmt.

ERT: Dem/der Proband*in wird eine Reihe von computergenerierten Bildern von Gesichtern, welche unterschiedliche Emotionen (glücklich, traurig, wütend, angeekelt, überrascht, ängstlich) darstellen, präsentiert. Die zutreffende Emotion muss ausgewählt werden.

Tabelle 7: Übersicht CANTAB Subtests

Test	Dauer (in Minuten)	Untersuchter neurokognitiver Prozess	Beschreibung
AST	8	Exekutive Funktion	Reaktionszeit und Fehler in der jeweiligen Aufgabe werden über eine hohe Anzahl von Versuchen gemessen. Man erhält dadurch robuste Ergebnisse. Liefert ein Maß für die kognitive Aufmerksamkeitsverschiebung.
DMS	10	Visuelles Gedächtnis	Prüft das Erkennungsgedächtnis für nicht-verbalisierbare Muster. Testet sowohl das simultane Matching als auch das visuelle Kurzzeitgedächtnis. Sensitiv für Störungen im medialen Temporallappen (v.a. Hippocampus) und im Frontallappen.
OTS	10	Executive Funktion	Prüft die visuelle Raumplanung und das Arbeitsgedächtnis. Sensitiv für Störungen im Frontallappen.
ERT	10	Soziale Kognition	Aufgabe zur sozialen Kognition, welche die Fähigkeit zur Identifizierung von Gesichtsausdrücken misst

Quelle: Sahgal & Iversen, 1978 & Owen et al., 1990

Zur Beurteilung der Veränderung der exekutiven Funktion werden die CANTAB Subtests anhand verschiedener Variablen ausgewertet. Mit dem Subtest AST erfolgt die Überprüfung des primären Endpunkts, welcher den Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus (*Attention shifting*) als auch die Inhibition dominanter Antworttendenzen (*inhibition*) als Prozesse der exekutiven Funktion untersucht. Die Variablen AST Reaction Latency Median Congruent (ASTLCMD) und AST Reaction Latency Median Switching Blocks (ASTLSWMD) messen die mediane Latenzzeit der Reaktion vom Erscheinen des Reizes bis zur Auswahl auf dem Bildschirm. ASTLCMD misst die Versuche, bei denen Pfeilrichtung und Bildschirmseite mit dem angezeigten Hinweis (Richtung oder Seite auszuwählen) übereinstimmen. Bei der Variable ASTLSWMD werden die Versuche beurteilt, bei denen die Richtung des Pfeils und die Bildschirmseite nicht mit dem angezeigten Hinweis übereinstimmen. Das Ergebnis wird in Millisekunden (ms) angegeben und eine niedrigere Messung wird als besser gewertet. Die Dauer der Reaktion kann von 100 bis 2000 ms dauern.

Für die sekundären Endpunkte zur Überprüfung der Veränderung der weiteren neurokognitiven Funktionen (Arbeitsgedächtnis, visuelles Arbeitsgedächtnis, soziale Kognition) werden die Variablen der Subtests DMS, ERT und OTS analysiert. Der DMS percent correct 12 (DMSPC12) gibt die bewerteten Versuche an, bei denen die Versuchsperson das korrekte Muster beim ersten Versuch gewählt hat. Es werden die Versuche ermittelt, bei denen zwischen Präsentation des Musters und Präsentation der vier Auswahlmöglichkeiten 12 Sekunden Verzögerung liegen. Die Bewertung erfolgt von 0 bis 100%, wobei ein höherer Wert als besser gewertet wird. Die ERT Overall Median Reaction Time (ERTOMDRT) gibt die mediane Gesamtlatenzzeit von der Auswahl einer Emotion nach Präsentation des Stimulus an. Die mögliche Dauer wird in ms angegeben und reicht von null bis unendlich. Eine kürzere Dauer wird als besser gewertet. Die Variable OTS Problem Solved on first Choice (OTSPSFC) gibt die Anzahl der Versuche an, bei denen die Versuchsperson die korrekte Anzahl an notwendigen Zügen beim ersten Versuch auswählt. Die mögliche Anzahl reicht von null bis 15, wobei ein höherer Wert als besser angesehen wird.

(2) Fragebögen

Zur Erfassung der depressiven Symptomatik werden diverse Fragebögen verwendet, von welchen zwei für die statistische Analyse relevant sind. In Form eines Selbstauskunftsfragebogens erfasst der DIKJ den Schweregrad depressiver Symptome bei Kindern und Jugendlichen. Konzipiert wurde er auf Basis des Childrens Depression Inventory (CDI) (Kovacs, 1985). Er erfasst die im DSM-V aufgeführten diagnostischen Kriterien einer depressiven Störung mit Formulierungen, die für Kinder und Jugendliche verständlich sind. Es wird eine gute Reliabilität mit einer internen Konsistenz in Klinikstichproben von $\alpha=0.91$ angegeben. Der Fragebogen umfasst 29 Items und die Bearbeitungsdauer beträgt ungefähr zehn bis 15 Minuten. Zur Beurteilung der Depressivität werden die Rohwerte berechnet wie im Manual vorgegeben. Dazu werden alle Werte der einzelnen Items addiert. Bei bis zu zwei fehlenden Items wird der Rohwert ohne Korrektur berechnet. Bei mehr als zwei fehlenden Werten wird der Rohwert korrigiert, indem der ermittelte Rohwert durch die Anzahl der bearbeiteten Items dividiert und anschließend mit dem Wert 29 multipliziert wird. Die Dezimalstellen werden dabei ohne Beachtung gestrichen. Zusätzlich werden in dieser Arbeit die Items 12, 21, 22 und 26 untersucht, da diese der Erfassung kognitiver Fähigkeiten zugeordnet werden können. Sie erfragen die Entscheidungsfähigkeit, die Schulleistung sowie den Vergleich zu Mitschüler*innen und die Fähigkeit zur Problemlösung (Joachim Stiensmeier-Pelster et al., 2014).

Das BDI-II ist ebenfalls ein Selbstauskunftsfragebogen und dient der Einschätzung des Schweregrades der Depression bei Jugendlichen ab 13 Jahren. In Studien wurde eine interne Konsistenz bei depressiven Patient*innen von $\alpha=0.93$ ermittelt. Es werden 21 Items abgefragt, von welchen die beiden Items zu Entschlussfähigkeit und Konzentrationsschwierigkeiten als

Kognitionsitems eigens beurteilt werden. Die Bearbeitungsdauer beträgt fünf bis zehn Minuten (Beck et al., 2009).

Folgende Items werden im DIKJ untersucht (vergebene Anzahl an Punkten bei Auswahl der Antwort)

12) Entscheidungsfähigkeit

- I. Ich kann mich überhaupt nicht entscheiden. (2)
- II. Es fällt mir schwer mich zu entscheiden. (1)
- III. Ich kann mich gut entscheiden. (0)

21) Schulleistung

- I. Meine Leistungen in der Schule finde ich ganz in Ordnung. (0)
- II. Meine Leistungen in der Schule sind in letzter Zeit schlechter geworden. (1)
- III. Ich bin sogar in den Fächern schlechter geworden, in denen ich sonst gut war. (2)

22) Vergleich mit Mitschüler*innen

- I. Ich werde nie so gut sein wie meine Mitschüler. (2)
- II. Wenn ich wollte, könnte ich genauso gut sein wie meine Mitschüler. (1) III. Ich bin genauso gut wie meine Mitschüler. (0)

26) Umgang mit Problemen

- I. Ich finde meist eine Lösung für meine Probleme. (0)
- II. Es fällt mir schwer, mit meinen Problemen fertig zu werden. (1) III. Ich werde mit meinen Problemen überhaupt nicht fertig. (2)

Die abgefragten Items aus dem BDI-II sind die Folgenden:

13) Entschlussfähigkeit

- I. Ich bin so entschlossfreudig wie immer. (0)
- II. Es fällt mir schwerer als sonst, Entscheidungen zu treffen. (1)
- III. Es fällt mir sehr viel schwerer als sonst, Entscheidungen zu treffen. (2)
- IV. Ich habe Mühe, überhaupt Entscheidungen zu treffen. (3)

19) Konzentrationsschwierigkeiten

- I. Ich kann mich so gut konzentrieren wie immer. (0)
- II. Ich kann mich nicht mehr so gut konzentrieren wie sonst. (1)
- III. Es fällt mir schwer, mich längere Zeit auf irgendetwas zu konzentrieren. (2)
- IV. Ich kann mich überhaupt nicht mehr konzentrieren. (3)

Zur Analyse der Items wird im Sinne einer Subskala die Summe der Items jede*s/r Proband*in gebildet und eine neue Variable erstellt. Für das BDI-II mussten zu t0 vier und für t2 zwei Proband*innen aus der Analyse auf Grund von fehlenden Werten ausgeschlossen werden.

Die Depressivität wird anhand der Rohwerte des DIKJ gemessen. Für die Analyse müssen für t0 bei vier Proband*innen die Rohwerte auf Grund fehlender Werte korrigiert werden. Bei t2 bei zwei Proband*innen. Bei t3 und t4 musste keine Korrektur erfolgen.

3.2. Verwendete statistische Methoden

Die deskriptive Statistik wird mittels Chi Quadrat, exaktem Test nach Fischer oder T-Test für unabhängige Stichproben analysiert. Die Daten der Proband*innen wurden als Anzahl (Prozent), Mittelwert (M) $\pm$ Standardabweichung (SD) abhängig von den Verteilungsmerkmalen zusammengefasst. Für die Daten konnte die Normalverteilung angenommen werden, da die Theorie zum zentralen Grenzwertsatz besagt, dass Daten für Stichproben mit $n > 30$ normalverteilt sind (Field, 2013).

Zur Analyse wurden nach dem Intention-to-treat Prinzip alle erhobenen Daten der Proband*innen miteingeschlossen. Als primärer Endpunkt wurde die Veränderung der exekutiven Funktion anhand des Subtest AST untersucht. Die CANTAB wurde 1994 an einer Gruppe von 787 Erwachsenen (55-80 Jahre) angewendet und standardisiert (Robbins et al., 1994). Die sekundären Endpunkte umfassten die Daten der Subtests DMS, OTS und ERT zur Beurteilung der weiteren neurokognitiven Fähigkeiten, die Rohwerte des DIKJ zur Verlaufsbeurteilung der Depressivität sowie die Kognitionsitems des DIKJ und BDI-II zur Untersuchung der neurokognitiven Selbstbeurteilung. Zu diesem Zweck wurden die Daten mittels gemischten Modells für wiederholte Messungen analysiert.

Für die CANTAB Subtests wurden Geschlecht, Alter sowie IQ als Kovariaten mit einbezogen, für die Auswertung der Fragebögen das Alter. Angegeben werden die festen Effekte für die Parameter Zeitpunkt, Geschlecht, Alter, Intelligenzquotient (IQ) und Gruppenunterschied zwischen VP und GYM an allen Messzeitpunkten. Des Weiteren wurden die paarweisen Vergleiche zum Zeitpunkt sowie zur Interaktion von Zeitpunkt und VP dargestellt. Die Mittelwerte der Reaktionszeiten beider Gruppen über alle Messzeitpunkte wurden mit dem Mittelwert (M) und dem 95%-Konfidenzintervall (KI) angegeben. Zudem wurde eine Korrelation der Subtests mit der Depressivität nach Pearson berechnet. Für die berichteten p-Werte zum primären Endpunkt galt ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$. Das Signifikanzniveau zur Prüfung der sekundären Endpunkte wurde nach Bonferroni korrigiert. Es galt für die Untersuchung der CANTAB Subtests ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,008$, zur Analyse der Depressivität von $\alpha = 0,05$ und für die kognitive Selbstbeurteilung von $\alpha = 0,025$. Der Umgang mit fehlenden Werten bei den Fragebögen wird im Abschnitt 4.1.4 Erhebungsinstrumente der kognitiven Leistungen detailliert beschrieben. Die Berechnungen wurden mit SPSS Statistics Software (Version 28; IBM Corp., Armonk, NY, USA) durchgeführt. Die Graphiken wurden mit Microsoft® Excel® für Microsoft 365 MSO (Version 2109 Build 16.0.14430.20292) erstellt.

Die Ergebnisse zur Prüfung der primären und sekundären Endpunkte werden als feste Effekte und paarweise Vergleiche tabellarisch dargestellt. Auf weitere signifikante Ergebnisse wird im Text eingegangen. Zudem erfolgt eine graphische Darstellung des Mittelwertverlaufs.

4. Ergebnisse

4.1. Deskriptive Statistik

Zum aktuellen Zeitpunkt wurden bisher 66 Patient*innen in die Studie aufgenommen. Davon wurden durch Randomisierung 33 der Vibrationsplattengruppe (VP) und 33 der Gymnastikgruppe (GYM) zugeteilt. Als Dropout gewertet werden Patient*innen, die nicht an t2 teilgenommen haben. Das traf bei 10 Proband*innen pro Gruppe zu.

Zu t0 lag die Anzahl der Proband*innen bei $N = 66$ (VP= 33, GYM= 33), bei t2 $N = 44$ (VP= 21, GYM = 23), bei t3 $N = 30$ (VP= 16, GYM= 14) und bei t4 $N = 24$ (VP= 14, GYM= 10). Die Anzahl männlicher und weiblicher Probanden betrug 19 (28,8 %) und bzw. 47 (71,2 %). Das durchschnittliche Alter lag bei $15,6 \pm 1,4$ und der ermittelte IQ bei $105,9 \pm 12,4$. Der Rohwert des DIKJ lag in der VP bei $29,2 \pm 6,8$ und in der GYM bei $31,9 \pm 9,1$. Im Schnitt absolvierte die VP 20 ± 7 Trainings und die GYM 23 ± 6 . Die quantitativen Variablen wiesen keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen auf ($p > ,05$) (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Deskriptive Statistik der Stichprobe

Variablen		Proband*innen								p-Wert
		Total			VP		GYM			
		N = 66			n = 33		n = 33			
		n	M	SD	M	SD	n	M	SD	
Geschlecht	m	19			9		10			,786
	w	47			24		23			
Alter		15,6	± 1,4		15,5	± 1,5	15,7	± 1,3		,483
IQ		105,9	± 12,4		104,9	± 14,4	106,8	± 10,6		,615
DIKJ RW		30,6	± 8,1		29,2	± 6,8	31,9	± 9,1		,197
Trainings		22	± 7		20	± 7	23	± 6		,140

Anm.: N = Grundgesamtheit, n = Stichprobengröße, M =Mittelwert, SD =Standardabweichung, RW= Rohwert. Für qualitative Variablen p-Wert mittels Chi Quadrat Test, Für quantitative Variablen p-Wert mittels t-Test für unabhängige Stichproben.

4.2. Überprüfung der Hypothesen

4.2.1. Veränderung der exekutiven Funktion

Zur Überprüfung der ersten und zweiten Hypothese werden die Ergebnisse der Analysen zu allen vier Subtests dargestellt.

(1) AST

Tabelle 9: Test auf feste Effekte für die Variablen des Subtests AST

Variablen	Zähler-Freiheitsgrade	Nenner-Freiheitsgrade	F	Sig.
Zeitpunkt	2	53,43	5,35	,008*
Geschlecht	1	39,31	3,33	,076
Alter	1	40,87	,07	,797
IQ	1	42,52	,17	,681
Gruppenunterschied	2	53,91	3,34	,043*

a. AV: **ASTLCMD**

Zeitpunkt	2	65,60	13,37	<,001*
Geschlecht	1	41,19	7,75	,008*
Alter	1	42,65	,08	,776
IQ	1	44,10	,55	,461
Gruppenunterschied	2	65,75	3,27	,044*

a. AV: **ASTLSWMD**

Anm.: * $p = ,05$; AV= abhängige Variable; F= F-Wert

Für die Variable ASTLCMD wurde beim Test auf feste Effekte ein signifikanter Unterschied in beiden Gruppen zwischen den verschiedenen Messzeitpunkten und ein signifikanter Gruppenunterschied beobachtet (siehe Tabelle 9). Die Analysen der Mittelwerte (M) der Reaktionszeit über alle Zeitpunkte für beide Gruppen ergab bei t0 einen Mittelwert (M) von 518,0 ms [95 % KI: 492,06; 543,99], für t2 M= 487,6 ms [95 % KI: 68,49; 506,75] und für t3 M= 478,00 ms [95 % KI: 449,85; 506,15]. Die paarweisen Vergleiche der Zeitpunkte werden in Tabelle 18 abgebildet. In beiden Gruppen zeigte sich eine signifikante Abnahme der Reaktionszeit bei t2 und t3 im Vergleich zu t0. Der Gruppenvergleich an den jeweiligen Messzeitpunkten zeigte für die Variable ASTLCMD einen signifikanten Unterschied bei t0, jedoch nicht bei den anderen Messzeitpunkten (siehe Tabelle 10).

Abbildung 1 bildet den Mittelwertverlauf beider Gruppen über alle drei Messzeitpunkte ab. Die Abbildung verdeutlicht, dass der Unterschied zwischen den Gruppen bei t2 und t3 gering war, aber für den Mittelwert der VP im Vergleich zur Gymnastikgruppe eine stärkere Abnahme zu verzeichnen war. Die Überprüfung mittels t-Test für unabhängige Stichproben auf einen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten der beiden Gruppen bei t0 ergab eine

einseitige Signifikanz von $p = ,036$ und zeigte, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten der Gruppen bei t_0 bestand.

Tabelle 10: Paarweise Vergleiche beider Gruppen für die Variable ASTLCMD

ZP (I)	VP	(J) GYM	(I-J)	Sig.	95% KI für Differenz	
					UG	OG
1	Platte	Gymnastik	65,5	,012*	15,14	115,94
2	Platte	Gymnastik	26,2	,154	-10,21	62,54
3	Platte	Gymnastik	-8,9	,744	-64,10	46,26

Anm.: ZP= Zeitpunkt, VP= Vibrationsplattengruppe, GYM= Gymnastikgruppe (I-J)= Mittelwertdifferenz, KI= Konfidenzintervall, UG= Untergrenze, OG= Obergrenze; * $p < ,05$

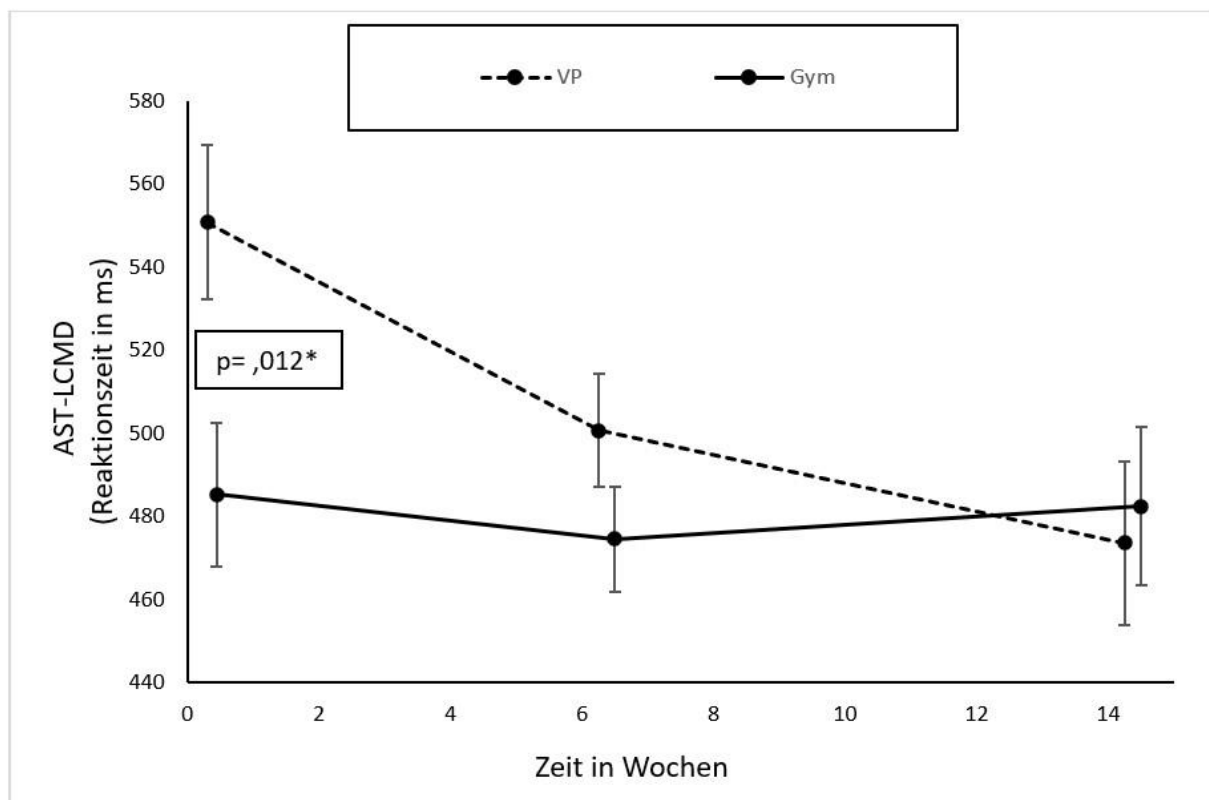


Abbildung 1: Mittelwertverlauf beider Gruppen für die Variable ASTLCMD

Anm.: VP= Vibrationsplattengruppe, Gym= Gymnastikgruppe, * $p < ,05$

Für die abhängige Variable ASTLSWMD konnte ebenfalls für den Zeitpunkt eine Signifikanz nachgewiesen werden (siehe Tabelle 9). Bei t_0 betrug der Mittelwert über beide Gruppen 620,4 ms [95% KI: 578,46; 662,44], bei t_2 $M = 548,7$ ms [95% KI: 578,46; 662,44] und bei t_3 $M = 537,73$ ms [95% KI: 500,69; 574,77]. Die paarweisen Vergleiche der Zeitpunkte werden in Tabelle 18 dargestellt. Die Mittelwerte reduzierten sich in beiden Gruppen von t_0 verglichen mit t_2 und t_3 signifikant.

Die Analyse ergibt einen signifikanten Unterschied beim Geschlecht, denn es wurde für das männliche Geschlecht eine um $b = 73,28$ ms [95% KI: -126,44; -20,12] kürzere Reaktionszeit gemessen. Die Ergebnisse zum Vergleich beider Gruppen demonstrieren an t0 ebenfalls einen signifikanten Unterschied (siehe Tabelle 11). Dieser wurde nicht für die anderen beiden Messzeitpunkte gefunden. Dies wird ebenfalls durch den Mittelwertverlauf verdeutlicht (Abbildung 2), anhand dessen man bei t0 eine größere Differenz der Mittelwerte zwischen den Gruppen erkannte, welche sich in t2 und t3 annäherte.

Tabelle 11: Paarweise Vergleiche beider Gruppen für die Variable ASTLSWMD

ZP	(I) VP	(J) GYM	(I-J)	Sig.	95% KI für Differenz	
					UG	OG
1	Platte	Gymnastik	83,0	,048*	,75	165,15
2	Platte	Gymnastik	24,1	,344	-26,84	75,13
3	Platte	Gymnastik	-15,3	,671	-87,63	57,05

Anm.: ZP= Zeitpunkt, VP= Vibrationsplattengruppe, GYM= Gymnastikgruppe (I-J)= Mittelwertdifferenz, KI= Konfidenzintervall, UG= Untergrenze, OG= Obergrenze; * $p < ,05$

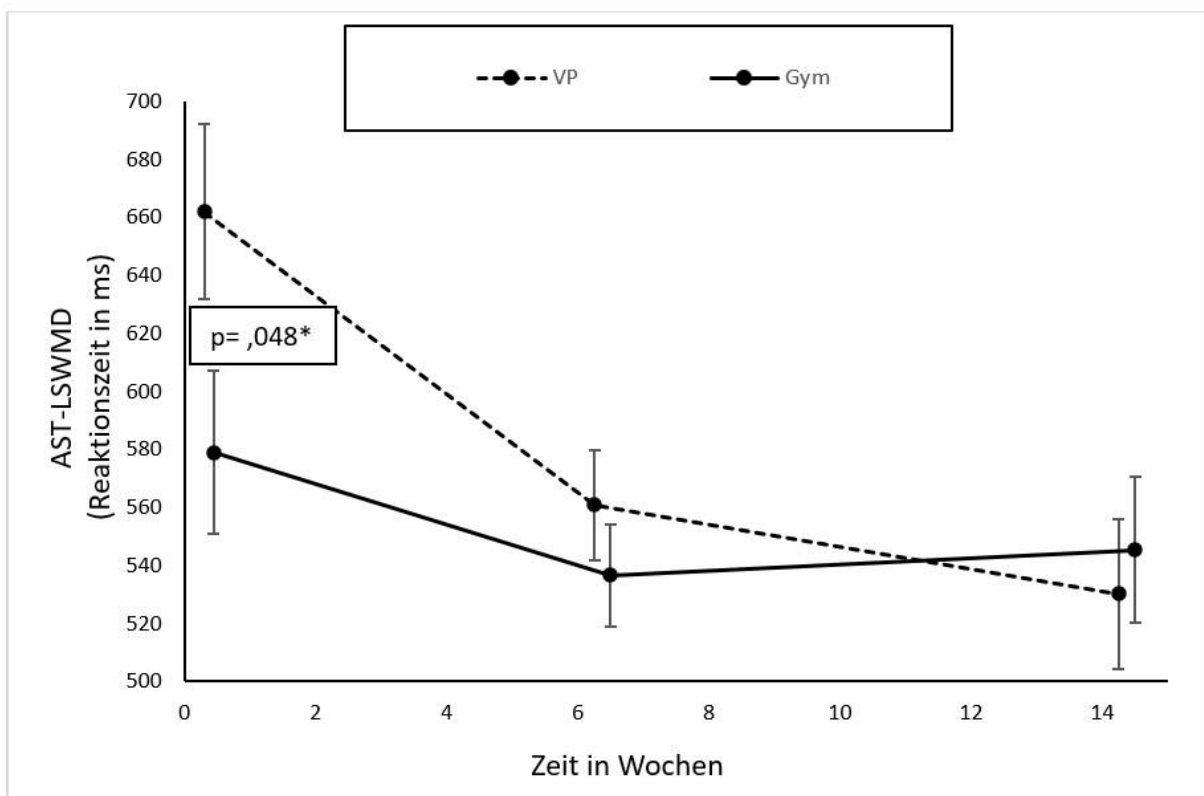


Abbildung 2: Mittelwertverlauf beider Gruppen für die Variable ASTLSWMD

Anm.: VP= Vibrationsplattengruppe, Gym= Gymnastikgruppe, * $p < ,05$

(2) DMS

Tabelle 12: Test auf feste Effekte für die Variablen des Subtests DMS

Quelle	Zähler-Freiheitsgrade	Nenner-Freiheitsgrade	F	Sig.
Zeitpunkt	2	58,35	4,97	,010
Geschlecht	1	36,85	,41	,524
Alter	1	37,83	7,87	,008**
IQ	1	39,34	7,02	,012
Gruppenunterschied	2	58,85	,54	,589

a. AV: **DMSPC12**

Anm.: AV= abhängige Variable; F= F-Wert; **p= ,008

Für den Subtest DMS konnte in beiden Gruppen eine nicht signifikante Steigerung der Mittelwerte von t0 zu t2 von M= 85,3% [95% KI:78,17; 92,45] zu M= 90,1% [95% KI:86,29; 93,87] beobachtet werden. Bei t3 lag der Mittelwert bei M= 81,7% [95% KI: 75,73; 87,73]. Die paarweisen Vergleiche der Zeitpunkte werden in Tabelle 18 dargestellt. Ein signifikanter Unterschied konnte von t2 zu t3 nachgewiesen werden, wobei zu beachten ist, dass die Mittelwerte sich in diesem Fall verringerten. Für das Alter wird ein Schätzer von $b = 3,78$ [95% KI: 1,05; 6,51] angegeben (siehe Tabelle 12). Dadurch wird gezeigt, dass mit jedem Lebensjahr in 3,78 % der Fälle öfter das korrekte Muster ausgewählt wurde.

Zu keinem Messzeitpunkt kann ein signifikanter Gruppenunterschied nachgewiesen werden. Hier erfolgte bei der Analyse eine Bonferroni-Korrektur, sodass das Signifikanzniveau bei $p = ,008$ lag. Somit zeigte sich bei t2 ein Trend dahingehend, dass die Vibrationsplattengruppe höhere Prozentwerte erreichte als die Gymnastikgruppe. Abbildung 3 stellt einen Anstieg der Mittelwerte von t0 zu t2 dar, welcher sich zu t3 verringerte.

Tabelle 13: Paarweise Vergleiche beider Gruppen für die Variable DMSPC12

ZP (I)	VP	(J) GYM	(I-J)	Sig.	95% KI für Differenz	
					UG	OG
1	Platte	Gymnastik	4,5	,527	-9,64	18,55
2	Platte	Gymnastik	8,9	,017	1,72	16,10
3	Platte	Gymnastik	4,1	,490	-7,85	15,98

Anm.: ZP= Zeitpunkt, VP= Vibrationsplattengruppe, GYM= Gymnastikgruppe (I-J)= Mittelwertdifferenz, KI= Konfidenzintervall, UG= Untergrenze, OG= Obergrenze; ** $p=,008$

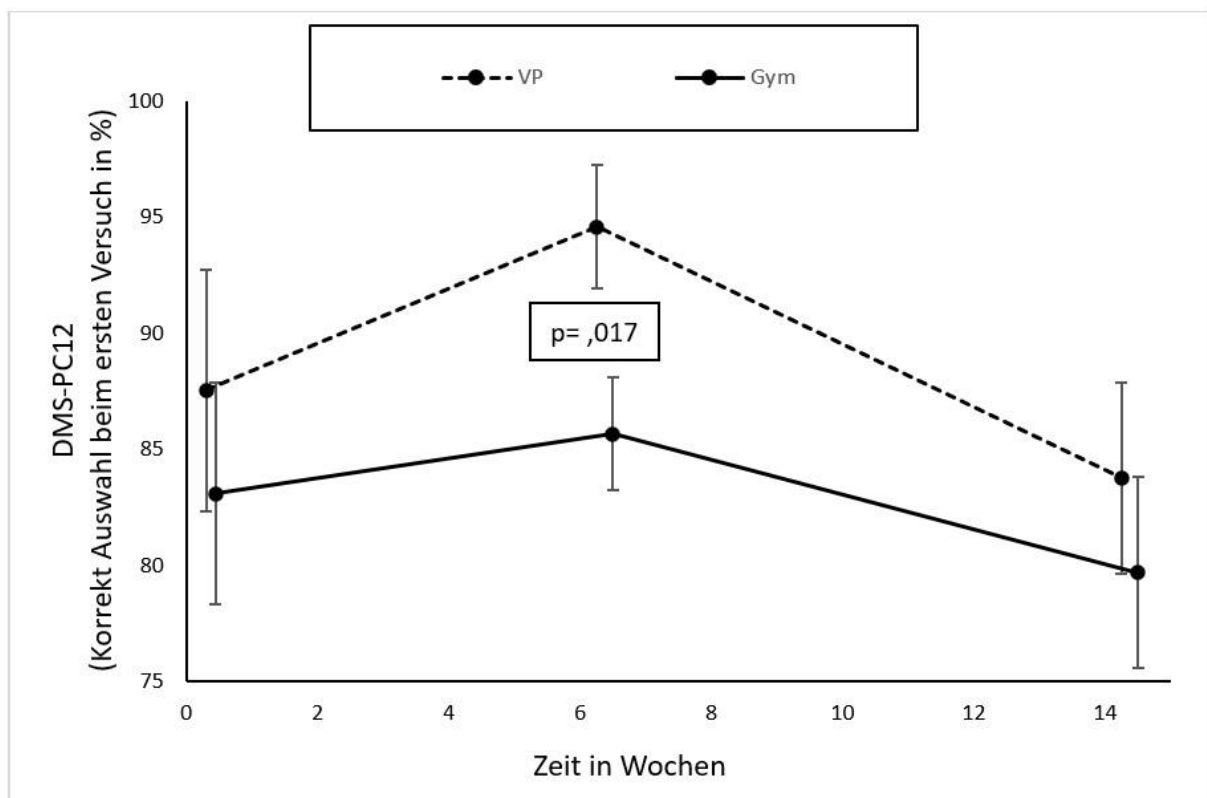


Abbildung 3: Mittelwertverlauf beider Gruppen für die Variable DMSPC12

Anm.: VP= Vibrationsplattengruppe, Gym= Gymnastikgruppe, ** $p=,008$

(3) ERT

Tabelle 14: Test auf feste Effekte für die Variablen des Subtests ERT

Quelle	Zähler-Freiheitsgrade	Nenner-Freiheitsgrade	F	Sig.
Zeitpunkt	2	56,43	7,30	,002*
Geschlecht	1	30,87	6,58	,015
Alter	1	32,08	9,15	,005*
IQ	1	34,96	6,49	,015
Gruppenunterschied	2	56,97	,52	,598

a. AV: **ERTOMDRT**

Anm.: ** $p = ,008$

Für die Variable ERTOMDRT wiesen beiden Gruppen eine Verringerung der Mittelwerte der Reaktionszeit über alle Zeitpunkte auf. Bei t_0 lag der Mittelwert bei $M = 1357,55$ [95% KI: 1220,85; 1492,26], t_2 bei $M = 1244,15$ [95% KI: 1125,88; 1362,42] und t_3 bei $M = 1096,14$ [95% KI: 998,33; 1193,95]. Die paarweisen Vergleiche der Zeitpunkte werden in Tabelle 18 aufgeführt. Der Unterschied war von t_0 zu t_3 sowie von t_2 zu t_3 signifikant. Der Schätzer für das Alter beträgt $b = -101,90$ [95% KI: -170,50; -33,29] und gab an, dass mit jedem Lebensjahr die Reaktionszeit um 101,90 ms abnahm. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (siehe Tabelle 14). Abbildung 4 verdeutlicht die Abnahme von den Mittelwerten der Reaktionszeit über alle drei Messzeitpunkte in beiden Gruppen.

Tabelle 15: Paarweise Vergleiche beider Gruppen für die Variable ERT

ZP (I) VP		(J) GYM	(I-J)	Sig.	95% KI für Differenz	
					UG	OG
1	Platte	Gymnastik	121,7	,363	-145,42	388,86
2	Platte	Gymnastik	8,6	,940	-221,56	238,80
3	Platte	Gymnastik	-7,2	,940	-199,18	184,88

Anm.: ZP= Zeitpunkt, VP= Vibrationsplattengruppe, GYM= Gymnastikgruppe (I-J)= Mittelwertdifferenz, KI= Konfidenzintervall, UG= Untergrenze, OG= Obergrenze; ** $p = ,008$

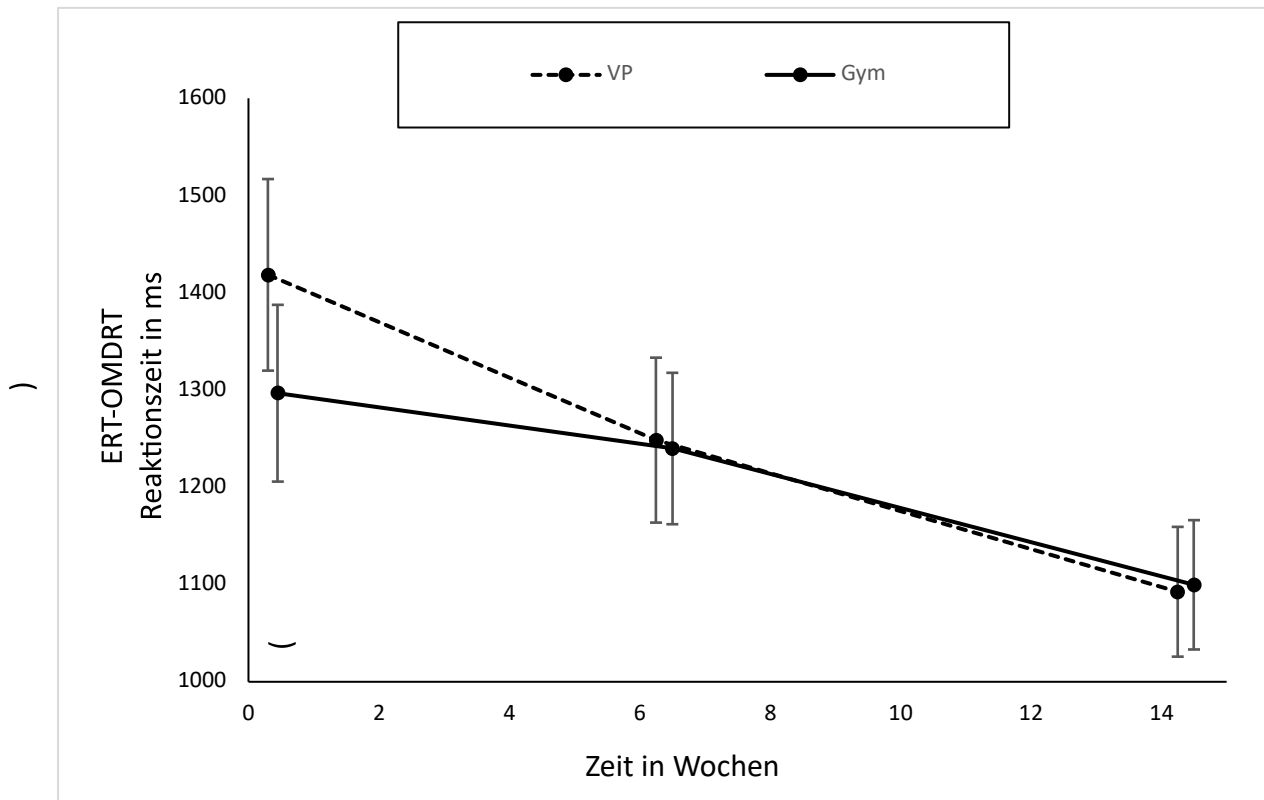


Abbildung 4: Mittelwertverlauf beider Gruppen für die Variable ERT

Anm.: VP= Vibrationsplattengruppe, Gym= Gymnastikgruppe

(4) OTS

Tabelle 16: Test auf feste Effekte für die Variablen des Subtests OTS

Quelle	Zähler-Freiheitsgrade	Nenner-Freiheitsgrade	F	Sig.
Zeitpunkt	2	51,84	2,48	,094
Geschlecht	1	40,70	5,99	,019
Alter	1	42,03	10,80	,002*
IQ	1	43,96	10,64	,002*
Gruppenunterschied	2	52,78	,17	,847

a. AV: **OTSPSFC**

Anm.: ** $p=,008$

Der Test auf feste Effekte zeigte für die Variable OTSPSFC einen signifikanten Unterschied beim Alter und IQ (siehe Tabelle 16). Für das Alter stieg die Quote korrekter Treffer pro Lebensjahr um $b= 0,61$ [95% KI: 0,24; 1,00]. Für den IQ um $b= 0,07$ [95% KI: 0,03; 0,11] korrekte Treffer pro Anstieg des IQ um einen Punkt.

Tabelle 17 kann entnommen werden, dass zu keinem Messzeitpunkt ein Gruppenunterschied bestand. Abbildung 5 bildet ab, dass es von t0 zu t2 in beiden Gruppen zu einer Steigerung der Mittelwerte der Anzahl an korrekten Antworten kam. Diese sanken in der Vibrationsplattengruppe bei t3 ab. In der Gymnastikgruppe blieben sie nahezu gleich.

Tabelle 17: Paarweise Vergleiche beider Gruppen für die Variable OTS

ZP (I) VP		(J) GYM	(I-J)	Sig.	95% KI für Differenz	
					UG	OG
1	Platte	Gymnastik	-,7	,269	-1,96	,56
2	Platte	Gymnastik	-,6	,375	-1,88	,73
3	Platte	Gymnastik	-,2	,715	-1,56	1,08

Anm.: ZP= Zeitpunkt, VP= Vibrationsplattengruppe, GYM= Gymnastikgruppe (I-J)= Mittelwertdifferenz, KI= Konfidenzintervall, UG= Untergrenze, OG= Obergrenze; ** $p = ,008$

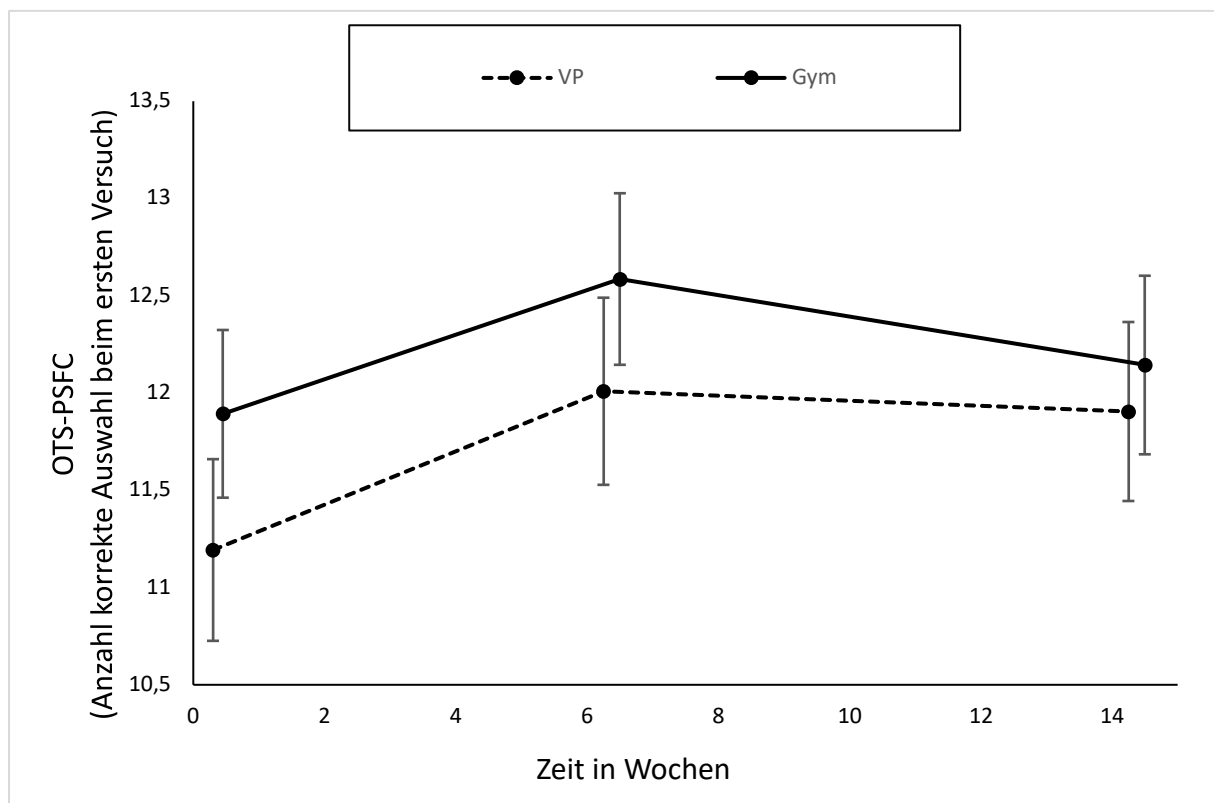


Abbildung 5: Mittelwertverlauf beider Gruppen für die Variable OTS

Anm.: VP= Vibrationsplattengruppe, Gym= Gymnastikgruppe

Tabelle 18: Paarweise Vergleiche Zeitpunkt aller Variablen

(I) ZP	(J) ZP	(I-J)	Sig.	95% KI für Differenz	
				UG	OG
ASTLCMD					
1	2	30,404	,003*	10,991	49,817
2	3	9,620	,395	-13,063	32,304
3	1	-40,024	,008*	-69,374	-10,674
ASTLSWMD					
1	2	71,769	<,001*	43,522	100,016
2	3	10,942	,414	-15,935	37,818
3	1	-10,942	<,001*	-121,341	-44,081
DMSPC12					
1	2	-4,814	,158	-11,556	1,929
2	3	8,395	,007**	2,484	14,307
3	1	-3,582	,409	-12,182	5,019
ERTOMDRT					
1	2	113,405	,063	-6,216	233,026
2	3	148,009	,007**	41,480	254,539
3	1	-261,414	<,001**	-401,281	-121,548
OTSPSFC					
1	2	-,755	,030	-1,434	-,076
2	3	,273	,450	-,488	,995
3	1	,481	,244	-,337	1,300

Anm.: ZP= Zeitpunkt, (I-J)= Mittelwertdifferenz, KI= Konfidenzintervall, UG= Untergrenze, OG= Obergrenze; * $p = ,025$ ** $p = ,008$

4.2.2. Veränderung der kognitiven Selbstbeurteilung

Zur Überprüfung der dritten Hypothese zur Veränderung der kognitiven Selbstbeurteilung werden Items zur Kognition aus den Fragebögen DIKJ und BDI-II untersucht.

(1) DIKJ

Tabelle 19: Test auf feste Effekte für die Subskala des DIKJ

Quelle	Zähler-Freiheitsgrade	Nenner-Freiheitsgrade	F	Sig.
Zeitpunkt	3	43,38	10,92	<,001***
Geschlecht	1	58,85	6,97	,011***
Gruppenunterschied 3 a. AV: Subskala DIKJ		43,36	1,79	,163

Anm.: *** $p=,025$

Die Testung auf feste Effekte zeigte einen signifikanten Unterschied für beide Gruppen über alle Zeitpunkte und für das Geschlecht. Die Analyse ergab bei t0 einen Mittelwert von $M= 4,8$ [95% KI: 4,31; 5,29], bei t2 $M= 3,7$ [95% KI: 3,09; 4,30], bei t3 $M= 3,4$ [95% KI: 2,73; 4,03] und beim letzten Zeitpunkt $M= 3,0$ [95% KI: 2,24; 3,78]. Der Unterschied von t0 zu den drei anderen Messzeitpunkten war signifikant (siehe Tabelle 23). Für das Geschlecht wurde der Schätzer mit $b= -1,18$ angegeben. Dementsprechend wiesen männlichen Probanden im Schnitt einen um 1,18 Punkte niedrigeren Wert auf als weibliche Probandinnen. Tabelle 20 zeigt, dass es zu keinem Messzeitpunkt einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen gab.

Tabelle 20: Paarweise Vergleiche beider Gruppen für die Subskala des DIKJ

ZP (I) VP		(J) GYM	(I-J)	Sig.	95% KI für Differenz	
					UG	OG
1	Platte	Gymnastik	,312	,486	-,579	1,203
2	Platte	Gymnastik	,077	,895	-1,081	1,234
3	Platte	Gymnastik	,961	,129	-,294	2,216
4	Platte	Gymnastik	-,312	,674	-1,818	1,194

Anm.: ZP= Zeitpunkt, VP= Vibrationsplattengruppe, GYM= Gymnastikgruppe, (I-J)= Mittelwertdifferenz, KI= Konfidenzintervall, UG= Untergrenze, OG= Obergrenze; *** $p= ,025$

(2) BDI-II

Tabelle 21: Test auf feste Effekte für die Subskala BDI-II

Quelle	Zähler-Freiheitsgrade	Nenner-Freiheitsgrade	F	Sig.
Zeitpunkt	3	50,585	3,237	,030
Geschlecht	1	56,487	4,452	,039
Gruppenunterschied 3 a. AV: Subskala BDI		50,554	1,275	,293

Anm.: *** $p = ,025$

Der Test auf feste Effekte für die Subskala des BDI-II ergab keinen signifikanten Unterschied, zeigte jedoch für den Zeitpunkt einen Trend im Sinne einer Abnahme der Summe der ausgewählten Items über die Zeit in beiden Gruppen. Die Mittelwerte der Summe der Items betrug bei t0 $M = 2,8$ [95% KI: 2,32; 3,30], bei t2 $M = 2,6$ [95% KI: 2,09; 3,08], bei t3 $M = 2,1$ [95% KI: 1,53; 2,72] und bei t4 $M = 1,8$ [95% KI: 1,20; 2,42]. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied von t0 zu t3, t0 zu t4 sowie t2 zu t4 (siehe Tabelle 23). Ein signifikanter Gruppenunterschied konnte nicht festgestellt werden (siehe Tabelle 22).

Tabelle 22: Paarweise Vergleiche beider Gruppen für die Subskala des BDI-II

ZP (I) VP		(J) GYM	(I-J)	Sig.	95% KI für Differenz	
					UG	OG
1	Platte	Gymnastik	-,297	,517	-1,209	,615
2	Platte	Gymnastik	-,801	,089	-1,730	,127
3	Platte	Gymnastik	-,258	,648	-1,391	,875
4	Platte	Gymnastik	-,919	,120	-2,092	,255

Anm.: ZP= Zeitpunkt, VP= Vibrationsplattengruppe, GYM= Gymnastikgruppe, (I-J)= Mittelwertdifferenz, KI= Konfidenzintervall, UG= Untergrenze, OG= Obergrenze; *** $p = ,025$

Tabelle 23: Paarweise Vergleiche Zeitpunkt für Subskalen der Fragebögen

		(I) ZP	(J) ZP	(I-J)	Sig.	95% KI für Differenzen	
						UG	OG
Subskala DIKJ	1	2		1,10	<,001***	,63	1,59
			3	1,4	<,001***	,79	2,05
			4	1,8	<,001***	1,00	2,58
	2	1		-1,1	<,001***	-1,59	-,63
			3	,3	,273	-,26	,89
			4	,7	,083	-,09	1,47
Subskala BDI-II	1	2		,2	,283	-,19	,63
			3	,7	,023***	,10	1,27
			4	1,0	,003***	,34	1,65
	2	1		-,2	,283	-,63	,19
			3	,5	,063	-,03	,95
			4	,8	,013***	,17	1,38

Anm.: ZP= Zeitpunkt, (I-J)= Mittelwertdifferenz, KI= Konfidenzintervall, UG= Untergrenze, OG= Obergrenze; *** $p=,025$

4.2.3. Veränderung der Depressivität

Die Veränderung der Depressivität wurde anhand der Rohwerte der DIKJ untersucht. Die Ergebnisse werden als Test auf feste Effekte und als paarweisen Vergleiche zum Zeitpunkt und zum Gruppenunterschied an den Messzeitpunkten tabellarisch dargestellt.

Tabelle 24: Test auf feste Effekte für Rohwerte des DIKJ

Quelle	Zähler-Freiheitsgrade	Nenner-Freiheitsgrade	F	Sig.
Zeitpunkt	3	46,239	18,394	<,001*
Geschlecht	1	58,980	3,659	,061
Gruppenunterschied	3	46,279	,113	,952

a. AV: **RW DIKJ**

Anm.: RW DIKJ= Rohwert DIKJ; * $p=,05$

Über alle vier Messzeitpunkte konnte ein signifikanter Unterschied der Rohwerte in beiden Gruppen festgestellt werden. Der Mittelwert bei t0 betrug M= 29,7 [95% KI:27,29; 32,06], bei t2 M= 23,5 [95% KI:20,57; 26,39], bei t3 M= 20,4 [95% KI:17,04; 23,85] und t4 M= 18,2 [95% KI:14,46; 22,03]. Die Tabelle der paarweisen Vergleiche zum Zeitpunkt zeigt signifikante Unterschiede von t0 zu allen anderen Messzeitpunkten (siehe Tabelle 25).

Tabelle 25: Paarweise Vergleiche Zeitpunkt der Rohwerte des DIKJ

(I) ZP	(J) ZP	(I-J)	Sig.	95% KI für Differenzen	
				Untergrenze	Obergrenze
1	2	6,193*	<,001*	4,075	8,310
	3	9,228*	<,001*	6,123	12,332
	4	11,430*	<,001*	7,697	15,163
2	1	-6,193*	<,001*	-8,310	-4,075
	3	3,035*	,030*	,309	5,761
	4	5,237*	,005*	1,619	8,855

Anm.: ZP= Zeitpunkt, (I-J)= Mittelwertdifferenz, KI= Konfidenzintervall, UG= Untergrenze, OG= Obergrenze; *p= ,05

Tabelle 26 zeigt, dass es zu den Zeitpunkten keinen signifikanten Unterschied gab. Abbildung 6 veranschaulicht die Abnahme der Rohwerte in beiden Gruppen über die Zeit.

Tabelle 26: Paarweise Vergleiche beider Gruppen für die Rohwerte des DIKJ

ZP (I) VP		(J) GYM	(I-J)	Sig.	95% KI für Differenz	
					UG	OG
1	Platte	Gymnastik	-3,0	,173	-7,33	1,35
2	Platte	Gymnastik	-3,7	,186	-9,14	1,82
3	Platte	Gymnastik	-4,7	,154	-11,25	1,84
4	Platte	Gymnastik	-4,8	,195	-12,12	2,56

Anm.: ZP= Zeitpunkt, VP= Vibrationsplattengruppe, GYM= Gymnastikgruppe, (I-J)= Mittelwertdifferenz, KI= Konfidenzintervall, UG= Untergrenze, OG= Obergrenze; *p= ,05

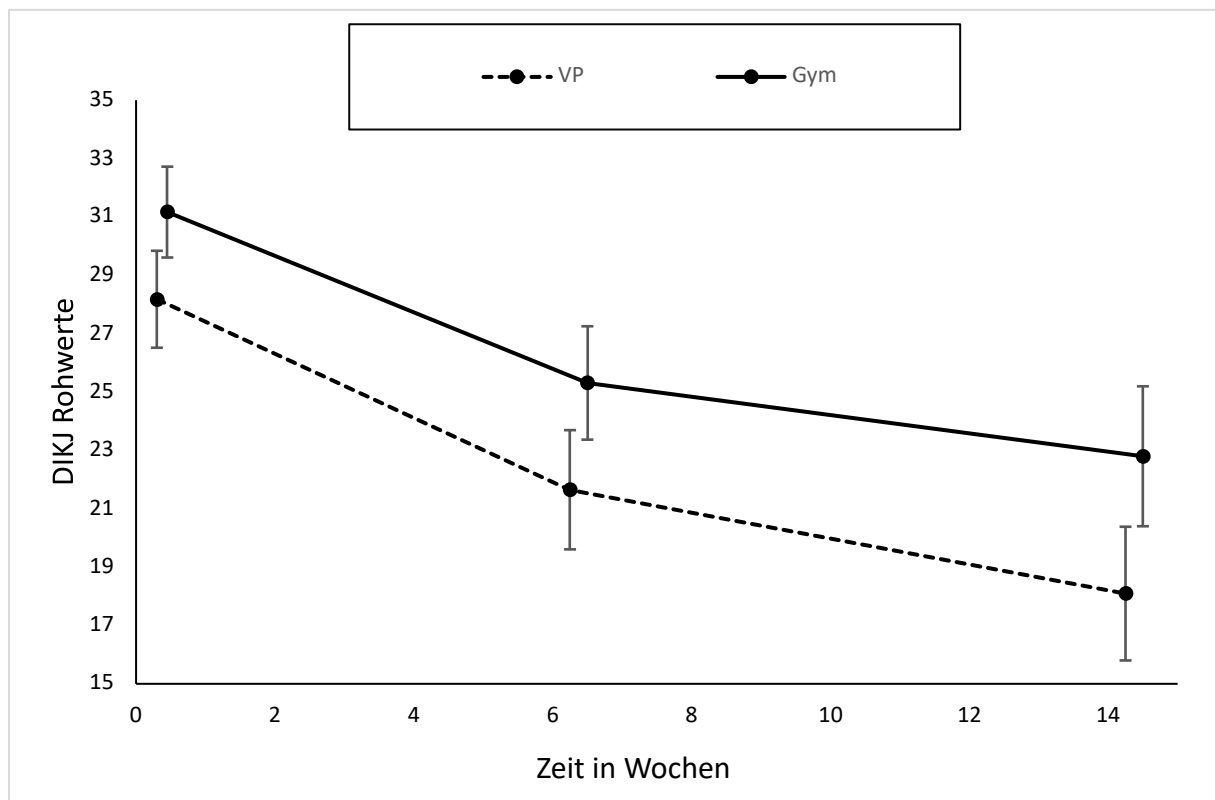


Abbildung 6: Mittelwertverlauf beider Gruppen für die Rohwerte des DIKJ

Anm.: VP= Vibrationsplattengruppe, Gym= Gymnastikgruppe

5. Diskussion

5.1. Übersicht der Forschungsergebnisse

Basierend auf der Fragestellung, welchen Effekt körperliche Aktivität auf die neurokognitive Funktion bei depressiven Kindern und Jugendlichen hat, wurden vier Hypothesen aufgestellt. Die Hypothesen waren, dass es durch ein 6-wöchiges Vibrationsplattentraining im Vergleich zu einem Gymnastiktraining zu einer Verbesserung der exekutiven Funktion und zudem zu einer Verbesserung weiterer neurokognitiver Funktionen, der kognitiven Selbstbeurteilung und der Depression an sich kommt.

Für den primären Endpunkt, die Verbesserung der exekutiven Funktion durch intensives Vibrationsplattentraining im Vergleich zum Gymnastiktraining, zeigte sich ein signifikanter Unterschied beim Vergleich beider Gruppen an den Messzeitpunkten, welcher beim Vergleich der Mittelwerte der Reaktionszeiten an den drei Messzeitpunkten lediglich bei t0 vor der Intervention signifikant war. Bei t2 und t3 konnte kein signifikanter Gruppenunterschied nachgewiesen werden. Es konnte jedoch mit Hilfe der Studie in der Vibrationsplattengruppe eine Verbesserung der Reaktionszeit von t0 zu t2 festgestellt werden.

Da sich insgesamt eine signifikante Veränderung im Sinne einer Reduktion der Reaktionszeit in beiden Gruppen über die gesamte Zeit zeigte, kann abschließend nicht von einem eindeutigen positiven Einfluss von körperlicher Aktivität auf die Prozesse Attention Shifting und Inhibition der exekutiven Funktion gesprochen werden.

Für die weiteren untersuchten Prozesse der neurokognitiven Funktionen zeigten sich heterogene Ergebnisse. Für den Subtest DMS zur Prüfung der Veränderung des visuellen Gedächtnisses wurde insgesamt kein signifikanter Unterschied zwischen Vibrationsplattengruppe und Gymnastikgruppe festgestellt. Es zeigte sich bei t2 beim Vergleich der beiden Gruppen nach Bonferroni Korrektur dahingehend ein Trend, dass die Vibrationsplattengruppe bessere Ergebnisse aufwies als die Gymnastikgruppe. Die Analyse des Subtests ERT zur Untersuchung der sozialen Kognition und Emotionserkennung ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Zu beobachten war, dass sich beide Gruppen über die Zeit signifikant verbesserten. Die Ergebnisse der Studie zur kognitiven Domäne Arbeitsgedächtnis gemessen mit dem Subtest OTS wiesen weder einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen noch über die Zeit auf.

Die Ergebnisse zur Veränderung der kognitiven Selbstbeurteilung waren heterogen. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen wurde für keinen der Fragebögen nachgewiesen. Auf der Subskala des DIKJ haben sich die Teilnehmenden beider Gruppen über die Zeit signifikant verbessert. Dies konnte für die Subskala des BDI-II nicht nachgewiesen werden.

Die depressive Symptomatik gemessen anhand der Rohwerte des DIKJ wurde in beiden Gruppen über die Zeit besser. Es ergab sich jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

In Zusammenschau dieser Ergebnisse basierend auf den erhobenen Daten kann weder die Veränderung der exekutiven Funktion (H1), die Verbesserung der kognitiven Funktion (H2), die subjektive Beurteilung dieser (H3) noch die Verbesserung der Depression (H4) durch körperliche Aktivität bestätigt werden.

5.2. H1

Die Prozesse der exekutiven Funktion, welche in dieser Studie Attention Shifting und Inhibition umfassen, wurden mit dem Subtests AST der CANTAB Testbatterie untersucht. Die Variablen ASTLCMD und ASTSWMD entsprachen den Reaktionszeiten der Proband*innen und zeigten beide einen signifikanten Unterschied der Interaktion von Zeitpunkt und Gruppenvergleich der Mittelwerte. Die Analyse der Mittelwerte an den einzelnen Messzeitpunkten ergab jedoch lediglich für t0 und nicht für t2 und t3 einen signifikanten Unterschied. Dieser Nachweis der stärkeren Reduktion der Reaktionszeit in der Vibrationsplattengruppe im Vergleich zur Gymnastikgruppe, deutet auf eine deutlichere Verbesserung des Attention Shifting und der Inhibition durch intensives Vibrationsplattentraining im Vergleich zum Gymnastiktraining hin. Zu diskutieren ist, dass dies ein Hinweis darauf sein kann, dass die Randomisierung nicht erfolgreich war, da der Unterschied vor der Intervention zu verzeichnen war. Auch der Effekt der Regression zur Mitte kann im Sinne eines zufällig entstandenen schlechten Abschneidens der Vibrationsplattengruppe erklären, warum sich die Ergebnisse der Gruppen nach der Intervention angleichen. Nichtsdestotrotz kann ein geringer Einfluss der körperlichen Aktivität auf die Funktionen Attention Shifting und Inhibition nicht gänzlich ausgeschlossen werden. So wurde auch in einer Studie der Effekt von kurzfristiger und langfristiger körperlicher Aktivität auf die exekutive Funktion und den Prozess Inhibition untersucht. Diese ergab, dass kurzfristige körperliche Aktivität zu einer signifikanten Verbesserung der exekutiven Funktionen für den Prozess Inhibition und das Arbeitsgedächtnis bei gesunden Jugendlichen führt. Hingegen wurde kein Effekt für langfristige körperliche Aktivität gefunden. Anders als bei der BV-Studie zeigten die Ergebnisse der angeführten Studie einen signifikanten Einfluss von körperlicher Aktivität auf die exekutive Funktion. Die Autor*innen betonen, dass die Anzahl der Studien zum langfristigen Effekt von körperlicher Aktivität auf die exekutive Funktion sehr begrenzt seien, somit sind die bisherigen Ergebnisse eingeschränkt beurteilbar und vergleichbar. Ebenfalls bleibt unklar, wie der Zeitraum kurzfristig und langfristig definiert war (Verburgh et al., 2014). Da sich in der BV-Studie eine Verbesserung der exekutiven Funktion nach 6-wöchiger körperlicher Aktivität lediglich andeutet, stellte sich die Frage, ob eine längerfristige körperliche Aktivität signifikante Ergebnisse ergeben würde. In diesem Kontext ist auf die Metaanalyse von Haverkamp et al. (2020, S. 2641) zu verweisen, denn die

Ergebnisse unterstreichen, dass dauerhafte körperliche Aktivität von gesunden jungen Erwachsenen die exekutive Funktion positiv beeinflusste. Bei weiterer Unterteilung der exekutiven Funktion in die untergeordneten Prozesse wurde für die kognitive Flexibilität und das Arbeitsgedächtnis eine signifikant große Effektstärke, für die Inhibition jedoch kein signifikanter Effekt nachgewiesen. Hierbei war die Vergleichbarkeit der Ergebnisse eingeschränkt, da die eingeschlossenen Studien unterschiedliche Methoden zur Erfassung der kognitiven Funktionen nutzten und unklar blieb, welche Tests verwendet wurden. Die Ergebnisse unterstützen die Annahme, dass die verkürzte Reaktionszeit in den Attention Shifting- und Inhibition-Subtests der BV-Studie nicht ausschließlich auf Regressionseffekte oder eine potenziell fehlerhafte Randomisierung zurückzuführen ist, sondern Prozesse der exekutiven Funktion durch körperliche Aktivität positiv beeinflusst werden. Es lässt sich jedoch anhand der vorliegenden Ergebnisse nicht eindeutig sagen, welche Prozesse in welcher Ausprägung beeinflusst wurden.

Außerdem zeigte sich in der Analyse der BV-Studie, dass die Proband*innen beider Gruppen bei den drei Messzeitpunkten im Mittel bei der Variable ASTSWMD im Vergleich zur Variable ASTLCMD um jeweils 102 ms, 70 ms und 59 ms längere Reaktionszeiten aufwiesen. Eine mögliche Begründung dafür war, dass diese Aufgabe eine höhere kognitive Anforderung erforderte, da hier Pfeilrichtung und Bildschirmseite inkongruent waren Ptomey et al., 2018.

Eine weitere Beobachtung war, dass sich die Reaktionszeit beider Gruppen von t0 zu t2 und von t0 zu t3 signifikant verbesserten. Dieses Ergebnis konnte auf einen möglichen Lerneffekt der Proband*innen bei der Durchführung der Tests hinweisen. Die Studienlage zur Test/ReTest Reliabilität und Lerneffekten ist heterogen. Einerseits wurde für den Subtest AST eine Test/Re-Test Reliabilität von $r > 0,75$ beschrieben (Karlsen et al., 2022). Für einige Subtests der CANTAB wurde eine signifikante Verbesserung bei wiederholter Durchführung beschrieben. Die Stärke dieser Verbesserung war abhängig vom Schwierigkeitsgrad der Tests (Christine Lowe & Patrick Rabbitt, 1998). Eine weitere Studie untersuchte den Lerneffekt nach 6 und 12 Monaten an zwei Subtests zum Arbeitsgedächtnis und zur Aufmerksamkeit. Die Autor*innen vermuteten hier einen Lerneffekt, dadurch dass die Proband*innen eine Strategie anwendeten, wodurch bessere Ergebnisse erzielt werden konnten (Cacciamani et al., 2018). Es liegen keine vergleichbaren Ergebnisse zu den in der BV-Studie angewandten Subtests vor, jedoch kann die Vermutung eines Lerneffektes durch die wiederholte Durchführung der Tests nicht vollständig ausgeschlossen werden.

5.3. H2

Die Untersuchung des visuellen Gedächtnisses mittels des Subtests DMS ergab an t2 für die Vibrationsplattengruppe im Vergleich zur Gymnastikgruppe einen Trend in Richtung einer Verbesserung, welcher im weiteren Verlauf nicht gezeigt werden konnte. Stattdessen kam es in beiden Gruppen zu einer signifikanten Verschlechterung nach der Intervention, sodass

insgesamt von einer zufälligen Schwankung ausgegangen werden muss. In einer anderen Studie wurde der Effekt einer 12-wöchigen Behandlung mit Serotonin-Wiederaufnahme-Hemmern bei depressiven Jugendlichen auf den CANTAB Test DMS untersucht. In diesem Fall wurde eine Remission der Depression, aber keine Besserung des visuellen Gedächtnisses festgestellt (Shehab et al., 2016). Die Ergebnisse dieser beiden Studien legen nahe, dass die Reduktion depressiver Symptome keinen Einfluss auf das visuelle Gedächtnis hat. Die Untersuchung zur sozialen Kognition entwickelte sich über den gesamten Untersuchungszeitraum in beiden Gruppen positiv. Die bisherigen Datenlage zum Effekt von sportlicher Aktivität auf die Emotionserkennung war eher gering. Eine bestehende Studie zu diesem Thema untersuchte den direkten Effekt von Ergometer-Training auf die Emotionserkennung und konnte herausstellen, dass eine signifikante Verbesserung der Fähigkeit Emotionen korrekt zu erkennen nach dem Training im Vergleich zu vor dem Training stattfand (Aguirre-Loaiza et al., 2019). Die Ergebnisse der oben genannten Studie und die der BV-Studie suggerieren, dass das Ausüben von körperlicher Aktivität die Emotionserkennung förderte. Da in der BV-Studie für beide Gruppen eine Verbesserung der Emotionserkennung nachgewiesen wurde, müssen andere Einflussfaktoren in Betracht gezogen werden. Da sich ebenfalls die Depression in beiden Gruppen signifikant verbesserte, sollte in Zukunft diskutiert werden, welchen Einfluss die Veränderung der Depression auf die Emotionserkennung hat. Die Ergebnisse dieser Studie zu der kognitiven Domäne Arbeitsgedächtnis, welche mit dem Subtest OTS gemessen wurde, wiesen keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen auf. Diese Erkenntnisse spiegeln nicht die Resultate bisheriger Studien wider. In der Metaanalyse von Haverkamp et al. (2020) wurde ein großer Effekt von körperlicher Aktivität auf das Arbeitsgedächtnis beschrieben. Zudem untersuchte eine Studie von Imboden et al. (2020) den Effekt einer sechswöchigen Sportintervention im Vergleich zu Dehnungsübungen bei depressiven Erwachsenen auf das Arbeitsgedächtnis und stellte eine Verbesserung des Arbeitsgedächtnisses fest. Gründe für die abweichenden Ergebnisse der Studie von Imboden et al. (2020) von denen der BV-Studie könnten die zusätzliche antidepressive Behandlung während der Datenerhebung und die unterschiedliche Altersspanne der Proband*innen (18-60 Jahre bzw. 13-18 Jahre) sein. Einen möglichen Erklärungsansatz dafür bietet eine Untersuchung zur Entwicklung der unterschiedlichen neurokognitiven Funktionen im Verlauf des Lebens. Diese zeigte, dass sich das exekutive System im 8 bis 10ten Lebensjahr ausbildet und sich die verschiedenen Funktionen währenddessen unterschiedlich schnell entwickeln. Bei Untersuchungen zum Arbeitsgedächtnis mittels CANTAB Subtest Spatial Working Memory wiesen die 1519-Jährigen eine geringere Fehlerquote als die 11-14-Jährigen auf. Daraus schließen die Autor*innen, dass auch gesunde jüngere Kinder und Jugendliche deutliche Defizite im Bereich des Arbeitsgedächtnisses aufwiesen und ältere Jugendliche in den untersuchten Tests besser abschnitten (Luca et al., 2003). Der Einfluss des Alters auf die neurokognitiven Funktionen spiegelte sich ebenfalls in den Ergebnissen der BV Studie wider.

Für die Subtests DMS, ERT und OTS konnte nachgewiesen werden, dass ein höheres Alter mit einer besseren Leistung einherging. Es ist hervorzuheben, dass in der BV-Studie das durchschnittliche Alter bei 15 Jahren lag und somit am Anfang der Altersspanne, in der sich ein besseres Abschneiden zeigte. Es stellt sich die Frage, ob das Arbeitsgedächtnis der Proband*innen zum Zeitpunkt der Untersuchung bereits vollständig ausgereift war, wie die Ergebnisse zu interpretieren sind und ob es in diesem Fall grundsätzlich zu einer signifikanten Verbesserung des Arbeitsgedächtnisses hätte kommen können. Anzumerken ist, dass in der angebrachten Studie zur Untersuchung des Arbeitsgedächtnisses ein anderer Subtest der CANTAB genutzt wurde als in der BV-Studie, weshalb die exakte Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen dieser Arbeit leicht eingeschränkt war.

5.4. H3

Die Analyse zur Veränderung der kognitiven Selbstbeurteilung ergab in beiden Gruppen über den gesamten Zeitraum für den DIKJ eine signifikante und für den BDI-II eine nahezu signifikante Abnahme der Punktwerte. Die Proband*innen gaben demnach weniger kognitive Einschränkungen an. Anders als in der BV Studie konnte in einer Studie von Nasstasia et al. (2019) nach einem 12-wöchigen intensiven Sportprogramm vs. keine Intervention eine signifikanter Gruppenunterschied in der BDI-II Subskala zur Kognition festgestellt werden. Gründe für die unterschiedlichen Ergebnisse der beiden Studien können die Intensität und Dauer der Intervention sein. Außerdem ist zu beachten, dass sich die Items des BDI-II, welche der Kognitionsskala zugeordnet worden sind, in den miteinander verglichenen Studien unterscheiden. So wurden in der BV-Studie die Items zur Entschluss- und Konzentrationsfähigkeit untersucht, in der Studie von Nasstasia et al. die Items Selbstablehnung, Pessimismus, Selbstvorwürfe, Wertlosigkeit, Versagensgefühl und Suizidgedanken. Dadurch ist die Vergleichbarkeit eingeschränkt. Festzuhalten ist, dass sich durch eine regelmäßige Intervention bei depressiven Kindern und Jugendlichen eine Verbesserung der kognitiven Selbstbeurteilung andeutet.

5.5. H4

Eine signifikante Verbesserung der Depression, welche anhand der abnehmenden Rohwerte des DIKJ gemessen wurde, konnte in beiden Gruppen über die gesamte Zeit festgestellt werden. Im Einklang dazu konnten andere Studien bereits zeigen, dass durch intensive körperliche Aktivität die depressive Symptomatik gelindert wurde (Wunram et al., 2018). Allerdings konnte, anders als vermutet, kein Unterschied zwischen den Gruppen beobachtet werden. Zu einem ähnlichen Ergebnis für Erwachsene kam eine Studie, welche ebenfalls eine Verbesserung der Depression in der Sport- als auch in der Dehnübungsgruppe fand (Imboden et al., 2020). Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass neben dem Ausdauertraining bzw. der muskulären Aktivierung ein weiterer Faktor einen positiven Effekt auf die Verbesserung der Depression hat. Es kann in Erwägung gezogen werden, dass Gymnastikübungen ebenfalls

den Verlauf einer Depression beeinflussen oder beispielsweise Zuwendungseffekte einen Einfluss auf die Proband*innen hatte.

5.6. Limitationen und Aussichten

Bestandteil einer jeden Studie sind potenzielle Limitationen, die bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden müssen. Zunächst ist zu erwähnen, dass die Proband*innen neben der Sporttherapie eine weitere Therapiemaßnahmen wie zum Beispiel Psychotherapie in Einzel- und Gruppensitzungen erhielten. Daher ist die Verbesserung der Depressivität sowie die Veränderungen der Neurokognition nicht ausschließlich auf die Sporttherapie zurückzuführen. Zudem wurde bei dieser Arbeit nicht mit einbezogen, ob die Teilnehmenden, neben den sportlichen Aktivitäten in der Studie, privat sportlich aktiv waren. Bei zukünftigen Untersuchungen sollten diese Aspekte mit einbezogen werden, um mögliche Störfaktoren auszuschließen. Ein weiterer Punkt, der insbesondere die Einordnung in den aktuellen Forschungsstand erschwert, ist die Verwendung unterschiedlicher Tests in den jeweiligen Studien (zB. Luca et al., 2003) zur Untersuchung der Neurokognition. Dadurch ist die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu bisherigen Forschungen in Bezug auf die einzelnen neurokognitiven Funktionen und deren Prozesse eingeschränkt. Daher sollten folgende Studien zu diesem Thema Tests verwenden, welche möglichst die gleichen neurokognitiven Prozesse untersuchen. Außerdem ist eine größere Fallzahl anzustreben, um die Validität der Ergebnisse zu steigern. Zusätzlich würde dies die Möglichkeit bieten die Proband*innen in kleinere Altersspannen einzuteilen und die jeweiligen Altersstufen präziser zu analysieren.

In Zusammenschau der Ergebnisse der BV Studie kann angeführt werden, dass die Durchführung einer intensiven Sporttherapie im Vergleich zur Ausübung von Gymnastikübungen einen stärkeren Einfluss auf die Verbesserung der Prozesse Inhibition, Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus und visuelles Arbeitsgedächtnis hat. Es sollten weitere Untersuchungen zur Veränderungen der neurokognitiven Funktion durchgeführt werden, um mögliche Einflussfaktoren auf diese zu identifizieren. Zudem zeigte sich, dass die regelmäßige Durchführung einer sportlichen Aktivität als zusätzliche Therapieoption den Verlauf einer Depression positiv beeinflussen kann. Hier ist anzuführen, dass künftig untersucht werden sollte, welchen Einfluss Gymnastiktraining als mögliche Sportintervention auf die Veränderung von neurokognitiven Funktionen und Depression haben kann. Offen bleibt die Frage, inwiefern sich Sport, Neurokognition und Depression gegenseitig beeinflussen.

Da Depressionen bei Kindern und Jugendlichen eine hohe Prävalenz haben, sollte die zukünftige Forschung den Zusammenhang zwischen Defiziten der Neurokognition und Depressivität weiter untersuchen, um wenn indiziert, weitere Therapiemöglichkeiten zu ermöglichen.

6. Literaturverzeichnis

- Aguirre-Loaiza, H., Arenas, J., Arias, I., Franco-Jiménez, A., Barbosa-Granados, S., RamosBermúdez, S., Ayala-Zuluaga, F., Núñez, C. & García-Mas, A. (2019). Effect of Acute Physical Exercise on Executive Functions and Emotional Recognition: Analysis of Moderate to High Intensity in Young Adults. *Frontiers in psychology*, 10, 2774. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02774>
- Alan M. Gruenberg, Reed D. Goldstein & Harold Alan Pincus (Hrsg.). (2005). *Classification of Depression: Research and Diagnostic Criteria: DSM-IV and ICD-10: Biology of Depression: From Novel Insights to Therapeutic Strategies*. Wiley-VCH.
- Alghadir, A. H., Gabr, S. A. & Al-Eisa, E. (2016). Effects of Physical Activity on Trace Elements and Depression Related Biomarkers in Children and Adolescents. *Biological trace element research*, 172(2), 299–306. <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0601-3>
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*. American Psychiatric Association. <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
- Auerbach, R. P., Stewart, J. G., Stanton, C. H., Mueller, E. M. & Pizzagalli, D. A. (2015). EMOTION-PROCESSING BIASES AND RESTING EEG ACTIVITY IN DEPRESSED ADOLESCENTS. *Depression and anxiety*, 32(9), 693–701. <https://doi.org/10.1002/da.22381>
- Bailey, A. P., Hetrick, S. E., Rosenbaum, S., Purcell, R. & Parker, A. G. (2018). Treating depression with physical activity in adolescents and young adults: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Psychological medicine*, 48(7), 1068–1083. <https://doi.org/10.1017/S0033291717002653>
- Bauer, C. (2009). *Galileo® Trainingshandbuch: Novotec Medical GmbH*.
- Beardslee, W. R., Gladstone, T. R. G. & O'Connor, E. E. (2012). Developmental risk of depression: experience matters. *Child and adolescent psychiatric clinics of North America*, 21(2), 261-78, vii. <https://doi.org/10.1016/j.chc.2011.12.001>
- Beck, A. T., Steer, R.-A., Brown, G. K., Hautzinger, M., Keller, F. & Kühner, C. (Hrsg.). (2009). *Beck-Depressions-Inventar Revision*. Pearson.
- Becker, S., Macqueen, G. & Wojtowicz, J. M. (2009). Computational modeling and empirical studies of hippocampal neurogenesis-dependent memory: Effects of interference, stress and depression. *Brain research*, 1299, 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2009.07.095>
- Best, J. R. (2010). Effects of Physical Activity on Children's Executive Function: Contributions of Experimental Research on Aerobic Exercise. *Developmental review : DR*, 30(4),

- 331–551. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2010.08.001>
- Bettge, S., Wille, N., Barkmann, C., Schulte-Markwort, M. & Ravens-Sieberer, U. (2008). Depressive symptoms of children and adolescents in a German representative sample: results of the BELLA study. *European child & adolescent psychiatry*, 17 Suppl 1, 71–81. <https://doi.org/10.1007/s00787-008-1008-x>
- Brigadski, T. & Lessmann, V. (2014). BDNF: Ein Regulator von Lern- und Gedächtnisprozessen mit klinischem Potenzial. *e-Neuroforum*, 20(1), 166–177. <https://doi.org/10.1515/nf-2014-0102>
- Bundesärztekammer, Kassenärztliche Bundesvereinigung & Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften. Nationale VersorgungsLeitlinie Unipolare Depression – Langfassung, Version 3.2.
- Cacciamani, F., Salvadori, N., Eusebi, P., Lisetti, V., Luchetti, E., Calabresi, P. & Parnetti, L. (2018). Evidence of practice effect in CANTAB spatial working memory test in a cohort of patients with mild cognitive impairment. *Applied neuropsychology. Adult*, 25(3), 237–248. <https://doi.org/10.1080/23279095.2017.1286346>
- Castaneda, A. E., Tuulio-Henriksson, A., Marttunen, M., Suvisaari, J. & Lönqvist, J. (2008). A review on cognitive impairments in depressive and anxiety disorders with a focus on young adults. *Journal of affective disorders*, 106(1-2), 1–27. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2007.06.006>
- Christine Lowe & Patrick Rabbitt (1998). Test/re-test reliability of the CANTAB and ISPOCD neuropsychological batteries: theoretical and practical issues. *Neuropsychologia*(Vol. 36, No. 9), 915–923.
- Cuijpers, P., Karyotaki, E., Eckshtain, D., Ng, M. Y., Corteselli, K. A., Noma, H., Quero, S. & Weisz, J. R. (2020). Psychotherapy for Depression Across Different Age Groups: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA psychiatry*, 77(7), 694. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2020.0164>
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., McDowell, J. E., Austin, B. P., Miller, P. H., Yanasak, N. E., Allison, J. D. & Naglieri, J. A. (2011). Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: a randomized, controlled trial. *Health psychology : official journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, 30(1), 91–98. <https://doi.org/10.1037/a0021766>
- Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde & Ärztliches Zentrum für Qualität in der Medizin. (2015). *S3-Leitlinie/Nationale VersorgungsLeitlinie Unipolare Depression - Langfassung, 2. Auflage*. Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde (DGPPN); Bundesärztekammer (BÄK); Kassenärztliche Bundesvereinigung (KBV);

- Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF).
<https://doi.org/10.6101/AZQ/000364>
- Deutsche K-SADS-Arbeitsgruppe (2001). ICD-10, DSM III-R, DSM-IV Fassung der KiddiSADS-PL (5. Auflage der deutschen Forschungsversion, erweitert um ICD10-Diagnosostik). Frankfurt, Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie der Kindesund Jugendalters.
- Deutschen Institut für medizinische Dokumentation und Information, DIMDI. (1994). *ICD-10: Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme. 10. Revision: Band I - Systematisches Verzeichnis. Version 1.0, Stand August 1994*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-00875-1>
- Dolle, K. & Schulte-Körne, G. (2013). Leitlinie Behandlung von depressiven Störungen bei Kindern und Jugendlichen (Langfassung), 2013.
- Dotson, V. M., McClintock, S. M., Verhaeghen, P., Kim, J. U., Draheim, A. A., Syzmkowicz, S. M., Gradone, A. M., Bogioian, H. R. & Wit, L. de (2020). Depression and Cognitive Control across the Lifespan: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Neuropsychology review*, 30(4), 461–476. <https://doi.org/10.1007/s11065-020-09436-6>
- Duman, R. S. & Monteggia, L. M. (2006). A neurotrophic model for stress-related mood disorders. *Biological Psychiatry*, 59(12), 1116–1127.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2006.02.013>
- Eyre, H. A., Papps, E. & Baune, B. T. (2013). Treating depression and depression-like behavior with physical activity: an immune perspective. *Frontiers in psychiatry*, 4, 3.
<https://doi.org/10.3389/fpsy.2013.00003>
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics: And sex and drugs and rock 'n' roll* (4th edition). *MobileStudy*. Sage.
- Fried, R., Hirshfeld-Becker, D., Petty, C., Batchelder, H. & Biederman, J. (2015). How Informative Is the CANTAB to Assess Executive Functioning in Children With ADHD? A Controlled Study. *Journal of attention disorders*, 19(6), 468–475.
<https://doi.org/10.1177/1087054712457038>
- Goldman, S. (2012). Developmental epidemiology of depressive disorders. *Child and adolescent psychiatric clinics of North America*, 21(2), 217-35, vii.
<https://doi.org/10.1016/j.chc.2011.12.002>
- Green, R., Till, C., Al-Hakeem, H., Cribbie, R., Téllez-Rojo, M. M., Osorio, E., Hu, H. & Schnaas, L. (2019). Assessment of neuropsychological performance in Mexico City youth using the Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB). *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 41(3), 246–256.

- <https://doi.org/10.1080/13803395.2018.1529229>
- Gualtieri, C. T., Johnson, L. G. & Benedict, K. B. (2006). Neurocognition in depression: patients on and off medication versus healthy comparison subjects. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*, 18(2), 217–225.
<https://doi.org/10.1176/jnp.2006.18.2.217>
- Haverkamp, B. F., Wiersma, R., Vertessen, K., van Ewijk, H., Oosterlaan, J. & Hartman, E. (2020). Effects of physical activity interventions on cognitive outcomes and academic performance in adolescents and young adults: A meta-analysis. *Journal of sports sciences*, 38(23), 2637–2660. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1794763>
- Imboden, C., Gerber, M., Beck, J., Holsboer-Trachsler, E., Pühse, U. & Hatzinger, M. (2020). Aerobic exercise or stretching as add-on to inpatient treatment of depression: Similar antidepressant effects on depressive symptoms and larger effects on working memory for aerobic exercise alone. *Journal of affective disorders*, 276, 866–876.
<https://doi.org/10.1016/j.jad.2020.07.052>
- J. Fray, P., W. Robbins, T. & J. Sahakian, B. (1996). Neuropsychiatric applications of CANTAB. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 11(4), 329–336.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1166\(199604\)11:4<329::AID-GPS453>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1166(199604)11:4<329::AID-GPS453>3.0.CO;2-6)
- Jäncke, L. (2013). *Lehrbuch Kognitive Neurowissenschaften* (1. Aufl.). *Lehrbuch Psychologie*. Huber. http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm/bok_id/1051672
- Joachim Stiensmeier-Pelster, Monika Braune-Krickau, Martin Schürmann & Karin Duda (Hrsg.). (2014). *Depressionsinventar für Kinder und Jugendliche: 3., überarbeitete und neu normierte Auflage*. Hogrefe, Göttingen.
- Jones, D. T. & Graff-Radford, J. (2021). Executive Dysfunction and the Prefrontal Cortex. *Continuum* (Minneapolis, Minn.), 27(6), 1586–1601.
<https://doi.org/10.1212/CON.0000000000001009>
- Karlsen, R. H., Karr, J. E., Saksvik, S. B., Lundervold, A. J., Hjemdal, O., Olsen, A., Iverson, G. L. & Skandsen, T. (2022). Examining 3-month test-retest reliability and reliable change using the Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery. *Applied neuropsychology. Adult*, 29(2), 146–154.
<https://doi.org/10.1080/23279095.2020.1722126>
- Karnath, H.-O. & Thier, P. (2012). *Kognitive Neurowissenschaften*. Springer Berlin Heidelberg.
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-25527-4>
- Koenigs, M. & Grafman, J. (2009). The functional neuroanatomy of depression: distinct roles for ventromedial and dorsolateral prefrontal cortex. *Behavioural brain research*, 201(2), 239–243. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2009.03.004>
- Korczak, D. J., Madigan, S. & Colasanto, M. (2017). Children's Physical Activity and Depression: A Meta-analysis. *Pediatrics*, 139(4). <https://doi.org/10.1542/peds.2016-2266>

- Kovacs, M. (1985). The Children's Depression, Inventory (CDI). *Psychopharmacology bulletin*, 21(4), 995–998.
- Kvam, S., Kleppe, C. L., Nordhus, I. H. & Hovland, A. (2016). Exercise as a treatment for depression: A meta-analysis. *Journal of affective disorders*, 202, 67–86.
<https://doi.org/10.1016/j.jad.2016.03.063>
- Luca, C. R. de, Wood, S. J., Anderson, V., Buchanan, J.-A., Proffitt, T. M., Mahony, K. & Pantelis, C. (2003). Normative data from the CANTAB. I: development of executive function over the lifespan. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 25(2), 242–254. <https://doi.org/10.1076/jcen.25.2.242.13639>
- Madsen, K. S., Baaré, W. F. C., Vestergaard, M., Skimminge, A., Ejersbo, L. R., Ramsøy, T. Z., Gerlach, C., Akeson, P., Paulson, O. B. & Jernigan, T. L. (2010). Response inhibition is associated with white matter microstructure in children. *Neuropsychologia*, 48(4), 854–862.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.11.001>
- Maike Preiß and Helmut Remschmidt. Depressive Störungen im Kindes- und Jugendalter - Eine Übersicht.
- Marks, B. L., Madden, D. J., Bucur, B., Provenzale, J. M., White, L. E., Cabeza, R. & Huettel, S. A. (2007). Role of aerobic fitness and aging on cerebral white matter integrity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1097, 171–174.
<https://doi.org/10.1196/annals.1379.022>
- Mehler-Wex, C. (2008). *Depressive Störungen: Mit 30 Tabellen. Manuale psychischer Störungen bei Kindern und Jugendlichen*. Springer.
<http://swbplus.bszbw.de/bsz283314486cov.htm>
- Mehler-Wex, C. & Kölch, M. (2008). Depression in children and adolescents. *Deutsches Arzteblatt international*, 105(9), 149–155. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2008.0149>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Müller, S. V. (2013). *Störungen der Exekutivfunktionen. Fortschritte der Neuropsychologie: Bd. 13*. Hogrefe.
- Nasstasia, Y., Baker, A. L., Lewin, T. J., Halpin, S. A., Hides, L., Kelly, B. J. & Callister, R. (2019). Differential treatment effects of an integrated motivational interviewing and exercise intervention on depressive symptom profiles and associated factors: A randomised controlled cross-over trial among youth with major depression. *Journal of affective disorders*, 259, 413–423. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2019.08.035> Neuropsychiatric applications of CANTAB.
- Owen, A. M., Downes, J. J., Sahakian, B. J., Polkey, C. E. & Robbins, T. W. (1990). Planning and spatial working memory following frontal lobe lesions in man. *Neuropsychologia*,

- 28(10), 1021–1034. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(90\)90137-d](https://doi.org/10.1016/0028-3932(90)90137-d)
- Paulitsch, K. (2009). *Grundlagen der ICD-10-Diagnostik* (1. Aufl.). UTB Psychologie, Medizin: Bd. 3203. facultas.wuv.
- Ptomey, L. T., Szabo, A. N., Willis, E. A., Gorczyca, A. M., Greene, J. L., Danon, J. C. & Donnelly, J. E. (2018). Changes in cognitive function after a 12-week exercise intervention in adults with Down syndrome. *Disability and health journal*, 11(3), 486–490.
<https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2018.02.003>
- Ravens-Sieberer, U., Kaman, A., Otto, C., Adediji, A., Napp, A.-K., Becker, M., BlanckStellmacher, U., Löffler, C., Schlack, R., Hölling, H., Devine, J., Erhart, M. & Hurrelmann, K. (2021). Seelische Gesundheit und psychische Belastungen von Kindern und Jugendlichen in der ersten Welle der COVID-19-Pandemie – Ergebnisse der COPSY-Studie [Mental health and psychological burdens of children and adolescents during the first wave of the COVID-19 pandemic-results of the COPSY study]. *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz*, 64(12), 1512–1521.
<https://doi.org/10.1007/s00103-021-03291-3>
- Robbins, T. W., James, M., Owen, A. M., Sahakian, B. J., McInnes, L. & Rabbitt, P. (1994). Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB): A Factor Analytic Study of a Large Sample of Normal Elderly Volunteers. *Dementia*(5), 266–281.
- Rock, P. L., Roiser, J. P., Riedel, W. J. & Blackwell, A. D. (2014). Cognitive impairment in depression: a systematic review and meta-analysis. *Psychological medicine*, 44(10), 2029–2040. <https://doi.org/10.1017/S0033291713002535>
- Sahgal, A. & Iversen, S. D. (1978). The effects of foveal prestriate and inferotemporal lesions on matching to sample behaviour in monkeys. *Neuropsychologia*, 16(4), 391–406.
[https://doi.org/10.1016/0028-3932\(78\)90063-5](https://doi.org/10.1016/0028-3932(78)90063-5)
- Schmauss, M. & Messer, T. (2003). Depressive Episoden und rezidivierende depressive Störungen. 1. Symptomologie, Epidemiologie, Ätiopathogenese, Verlauf und Diagnose [Depressive episodes and recurrent depressive disorders]. *Fortschritte der Neurologie-Psychiatrie*, 71(7), 341-54; quiz 355-7. <https://doi.org/10.1055/s-2003-40564>
- Semler, O., Fricke, O [O.], Vezyroglou, K., Stark, C. & Schoenau, E. (2007). Preliminary results on the mobility after whole body vibration in immobilized children and adolescents. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 7(1), 77–81.
- Shehab, A. A. S., Brent, D. & Maalouf, F. T. (2016). Neurocognitive Changes in Selective Serotonin Reuptake Inhibitors-Treated Adolescents with Depression. *Journal of child and adolescent psychopharmacology*, 26(8), 713–720.
<https://doi.org/10.1089/cap.2015.0190>

- Sheline, Y. I. (2003). Neuroimaging studies of mood disorder effects on the brain. *Biological Psychiatry*, 54(3), 338–352. [https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(03\)00347-0](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(03)00347-0)
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643–662. <https://doi.org/10.1037/h0054651>
- Tsapakis, E. M., Soldani, F., Tondo, L. & Baldessarini, R. J. (2008). Efficacy of antidepressants in juvenile depression: meta-analysis. *The British journal of psychiatry : the journal of mental science*, 193(1), 10–17. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.106.031088>
- Verburgh, L., Königs, M., Scherder, E. J. A. & Oosterlaan, J. (2014). Physical exercise and executive functions in preadolescent children, adolescents and young adults: a metaanalysis. *British journal of sports medicine*, 48(12), 973–979. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091441>
- Vilgis, V., Silk, T. J. & Vance, A. (2015). Executive function and attention in children and adolescents with depressive disorders: a systematic review. *European child & adolescent psychiatry*, 24(4), 365–384. <https://doi.org/10.1007/s00787-015-0675-7>
- Wagner, S., Müller, C., Helmreich, I., Huss, M. & Tadić, A. (2015). A meta-analysis of cognitive functions in children and adolescents with major depressive disorder. *European child & adolescent psychiatry*, 24(1), 5–19. <https://doi.org/10.1007/s00787-014-05592>
- Wartberg, L., Kriston, L. & Thomasius, R. (2018). Depressive Symptoms in Adolescents. *Deutsches Arzteblatt international*, 115(33-34), 549–555. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2018.0549>
- Wunram, H. L., Hamacher, S., Hellmich, M., Volk, M., Jänicke, F., Reinhard, F., Bloch, W., Zimmer, P., Graf, C., Schönau, E., Lehmkuhl, G., Bender, S. & Fricke, O [Oliver] (2018). Whole body vibration added to treatment as usual is effective in adolescents with depression: a partly randomized, three-armed clinical trial in inpatients. *European child & adolescent psychiatry*, 27(5), 645–662. <https://doi.org/10.1007/s00787017-1071-2>

7. Anhang

7.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Mittelwertverlauf beider Gruppen für die Variable ASTLCMD	32
Abbildung 2: Mittelwertverlauf beider Gruppen für die Variable ASTLSWMD	33
Abbildung 3: Mittelwertverlauf beider Gruppen für die Variable DMSPC12	35
Abbildung 4: Mittelwertverlauf beider Gruppen für die Variable ERT	37
Abbildung 5: Mittelwertverlauf beider Gruppen für die Variable OTS	38
Abbildung 6: Mittelwertverlauf beider Gruppen für die Rohwerte des DIKJ	44

7.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Haupt- und Zusatzsymptome einer depressiven.....	12
Tabelle 2: Einschlusskriterien	20
Tabelle 3: Ausschlusskriterien	<u>21</u>
Tabelle 4: Übungen Vibrationsplattentraining	22
Tabelle 5: Steigerung der Übungen des Vibrationsplattentrainings	23
Tabelle 6: Datenerhebung zu jeweiligen Messzeitpunkten	24
Tabelle 7: Übersicht CANTAB Subtests	26
Tabelle 8: Deskriptive Statistik der Stichprobe	30
Tabelle 9: Test auf feste Effekte für die Variablen des Subtests AST	31
Tabelle 10: Paarweise Vergleiche beider Gruppen für die Variable ASTLCMD	32
Tabelle 11: Paarweise Vergleiche beider Gruppen für die Variable ASTLSWMD	33
Tabelle 12: Test auf feste Effekte für die Variablen des Subtests DMS	34
Tabelle 13: Paarweise Vergleiche beider Gruppen für die Variable DMSPC12	35
Tabelle 14: Test auf feste Effekte für die Variablen des Subtests ERT	36
Tabelle 15: Paarweise Vergleiche beider Gruppen für die Variable ERT	36
Tabelle 16: Test auf feste Effekte für die Variablen des Subtests OTS	37
Tabelle 17: Paarweise Vergleiche beider Gruppen für die Variable OTS	38
Tabelle 18: Paarweise Vergleiche Zeitpunkt aller Variablen	39
Tabelle 19: Test auf feste Effekte für die Subskala des DIKJ	40
Tabelle 20: Paarweise Vergleiche beider Gruppen für die Subskala des DIKJ	40
Tabelle 21: Test auf feste Effekte für die Subskala BDI-II	41
Tabelle 22: Paarweise Vergleiche beider Gruppen für die Subskala des BDI-II	41
Tabelle 23: Paarweise Vergleiche Zeitpunkt für Subskalen der Fragebögen	42
Tabelle 24: Test auf feste Effekte für Rohwerte des DIKJ	42
Tabelle 25: Paarweise Vergleiche Zeitpunkt der Rohwerte des DIKJ	43
Tabelle 26: Paarweise Vergleiche beider Gruppen für die Rohwerte des DIKJ	43