

Interfakultärer Fachbereich für Sport- und Bewegungswissenschaft / USI
Paris Lodron-Universität Salzburg



DIE AUSWIRKUNGEN EINES 5-MINÜTIGEN BEWEGUNGS- PROGRAMMES AUF DIE EXEKUTIVEN FUNKTIONEN VON SCHÜLERINNEN.

Diplomarbeit

zur Erlangung des Magistergrades

eingereicht von

EDITH HASLINGLEHNER

Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Günter Amesberger

Salzburg, Juli 2015

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die abgegebenen Quellen nicht verwendet und die benutzten Quellen beziehungsweise wörtlich oder inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Salzburg, Juli 2015

Edith Haslinglehner

Danksagung

Ein spannender und prägender Abschnitt meines Lebens neigt sich dem Ende zu und ich möchte nun die Gelegenheit nutzen, um einigen Menschen zu danken, die mich während des Studiums und schließlich beim Verfassen dieser Arbeit unterstützt haben.

Danke möchte ich vor allem zu meinen Eltern sagen, die mich in allen Höhen und Tiefen dieser Zeit bedingungslos unterstützt haben und ohne die dies alles überhaupt nicht möglich gewesen wäre. Danke, dass ihr mir dieses Studium ermöglicht und immer an mich geglaubt habt.

Danke, möchte ich auch zu meinem Freund sagen, der mir mit liebevoll aufbauenden Worten immer wieder neue Motivation geschenkt hat. Danke, dass du immer für mich da warst.

Für die kompetente und engagierte Betreuung möchte ich Herrn Univ.-Prof. Dr. Günter Amesberger danken. Vor allem für die tatkräftige Unterstützung bei der Testvorbereitung bin ich Ihnen sehr dankbar. An dieser Stelle möchte ich mich auch bei Assoz. Prof. Dipl. Psych. Dr. Sabine Würth bedanken, die ebenfalls an den Testvorbereitungen maßgeblich beteiligt war.

Bedanken möchte ich mich auch noch bei Herrn Mag. Florian Birgler und Herrn Mag. Herwig Schwaiger, welche mir jeweils zwei ihrer Klassen für die Untersuchung zur Verfügung stellten und sich bereit erklärten die Kurzturnprogramme im Unterricht zu verwenden. Danke für die unkomplizierte und flexible Zusammenarbeit.

Und schließlich sage ich auch noch danke zu meinen beiden Kollegen Daniel Hötzeneder und Florian Mayr, welche mich bei der Untersuchungsdurchführung so tatkräftig unterstützt haben.

Abstract

Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich mit der Fragestellung inwieweit ein 5-minütiges Bewegungsprogramm die exekutiven Funktionen von SchülerInnen beeinflusst. Die exekutiven Funktionen werden den höheren kognitiven Funktionen zugeordnet und werden auch als Kontrollfunktionen bezeichnet. Sie spielen eine entscheidende Rolle bei der Handlungskontrolle und werden in drei Kernbereiche unterteilt: das Arbeitsgedächtnis, die Inhibition und die kognitive Flexibilität (Kubesch, 2007).

An der Untersuchung nahmen insgesamt 92 SchülerInnen der Schulen HTL Kuchl und HTL Salzburg teil, 5 Mädchen und 87 Burschen. Die Versuchsgruppe (N = 46) führte 3x wöchentlich im Unterricht ein 5-minütiges Bewegungsprogramm durch. Der Interventionszeitraum betrug 7 (HTL Salzburg) bzw. 8 (HTL Kuchl) Wochen. Es wurden sowohl die kurzfristigen Auswirkungen (einmal beim Eingangs- und einmal beim Ausgangstest) als auch die längerfristigen Effekte untersucht. Als Testverfahren wurde ein Flanker-Test verwendet, welcher von den SchülerInnen auf Laptops durchgeführt wurde. Zusätzlich wurden mittels Fragebogen mögliche Einflussfaktoren und die subjektive Meinung zu den Bewegungsprogrammen der SchülerInnen erfragt.

Die Ergebnisse zeigen keine signifikanten Effekte des Kurzturnens auf die exekutive Leistungsfähigkeit der SchülerInnen, weder kurzfristige, noch längerfristige. Der Ausgang der Untersuchung deutet darauf hin, dass 5 Minuten Bewegung 3x pro Woche noch keine messbar positiven Auswirkungen entstehen lässt. Die Auswertung der Fragebögen ergab jedoch, dass sich die Mehrheit der SchülerInnen nach den Bewegungseinheiten aufmerksamer und aufnahmefähiger fühlte. Subjektiv fiel es ihnen anschließend wieder leichter dem Unterricht zu folgen. Warum sich das Gefühl der SchülerInnen nicht in den statistischen Ergebnissen widerspiegelt, lässt sich nur schwer erklären und müsste in weiteren Studien genauer untersucht werden.

Inhaltsverzeichnis

1	VORWORT	6
2	THEORETISCHE GRUNDLAGEN	8
2.1	Exekutive Funktionen	8
2.1.1	Arbeitsgedächtnis	9
2.1.2	Inhibition	10
2.1.3	Kognitive Flexibilität	11
2.1.4	Selektive Aufmerksamkeit	12
2.2	Entwicklung exekutiver Funktionen	12
2.3	Neuronale Grundlagen der exekutiven Funktionen	16
2.3.1	Präfrontaler Cortex	16
2.3.2	Anteriorer cingulärer Cortex	20
2.3.3	Neurotransmission	21
2.3.4	Zusammenfassung	23
2.4	Exekutive Funktionen und Schule	23
2.4.1	Zusammenfassung	26
2.5	Wirkung körperlicher Aktivität	27
2.5.1	Gehirn	28
2.5.1.1	Gehirnstoffwechsel	28
2.5.1.2	Neuroplastizität	29
2.5.1.3	Neurogenese	30
2.5.2	Exekutive Funktionen	31
2.5.2.1	Effekte eines längerfristigen Trainings	31
2.5.2.2	Akute Belastungseffekte	33
2.5.3	Zusammenfassung	35
3	UNTERSUCHUNG	37
3.1	Projekt „Kurzturnen“	37
3.2	Fragestellung und Hypothesen	38
3.3	Methodik	38
3.3.1	Testzeitraum	38
3.3.2	Stichprobenbeschreibung	40

3.3.3	Testdurchführung	41
3.3.4	Testmaterialien	42
3.3.4.1	Flanker Test	42
3.3.4.2	Fragebogen „Persönliche Angaben“	44
3.3.4.3	Fragebogen zum „Kurzturnen“	45
3.3.5	Durchführungsprotokolle	46
3.4	Ergebnisse.....	55
3.4.1	Ergebnisse möglicher Einflussfaktoren	55
3.4.2	Ergebnisse zur kognitiven Aktivität.....	57
3.4.3	Lerneffekt.....	59
3.4.4	Akute Auswirkungen - Eingangstest.....	62
3.4.4.1	Gesamtfehleranzahl	62
3.4.4.2	Inhibitionsleistung – einzeilige Bedingungen	63
3.4.4.3	Inhibitionsleistung – mehrzeilige Bedingungen	65
3.4.5	Akute Auswirkungen – Ausgangstestung	66
3.4.5.1	Gesamtfehleranzahl	66
3.4.5.2	Inhibitionsleistung – einzeilige Bedingungen	68
3.4.5.3	Inhibitionsleistung – mehrzeilige Bedingungen	69
3.4.6	Langzeiteffekte	71
3.4.6.1	Gesamtfehleranzahl	71
3.4.6.2	Inhibitionsleistung – einzeilige Bedingungen	72
3.4.6.3	Inhibitionsleistung – mehrzeilige Bedingungen	74
3.4.7	Ergebnisse – Fragebogen zum „Kurzturnen“	75
3.5	Interpretation und Diskussion der Ergebnisse	84
3.5.1	Akute Auswirkungen	85
3.5.2	Langzeiteffekte	87
3.6	Kritische Anmerkungen	90
3.7	Fazit und Ausblick	91
4	LITERATURVERZEICHNIS	93
5	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	99
6	TABELLENVERZEICHNIS	100

1 Vorwort

Laut Goschke (2008) liegt eines der wesentlichen Probleme eines jeden Lebewesens darin, zu entscheiden was als nächstes zu tun ist. Im Laufe der Evolution haben sich verschiedene Systeme entwickelt, um unter Berücksichtigung der Umweltbedingungen die passende Verhaltensweise zur Sicherung des Überlebens und der Fortpflanzung auszuwählen. Die Tendenz geht dabei in die Richtung, dass sich das Verhalten immer mehr vom Reiz ablöst und die Freiheit bei der Auswahl der Reaktion damit stets größer wird (Goschke, 2008).

Während bei angeborenen Reflexen und Instinkten das Verhalten relativ starr festgelegt ist, erweitert sich das Verhaltensrepertoire durch die menschliche Fähigkeit der Antizipation. Wir lernen im Laufe unseres Lebens welche kurz- und langfristigen Effekte bestimmte Handlungen haben und wie sie sich auf das zukünftige Leben auswirken können. So können Verhaltensweisen aufgrund ihrer antizipierten Effekte ausgewählt werden. Der Mensch ist sogar in der Lage zukünftige Bedürfnisse vorherzusehen und gegenwärtige Handlungen daran zu orientieren. So reicht einem Bergsteiger die Vorstellung, dass er nach einem anstrengenden Aufstieg Durst haben wird, um eine gefüllte Flasche Wasser mit auf den Gipfel zu tragen, auch wenn er jetzt gerade noch nicht durstig ist und sein Rucksack dadurch noch schwerer wird (Goschke, 2008).

Dem Menschen stehen für einen Reiz viele verschiedene Handlungsmöglichkeiten zur Verfügung und um aus dieser Fülle zielbringend auswählen zu können sowie Konflikte zu vermeiden, bedarf es einer guten Selbst- und Handlungskontrolle. Dieses Kontrollsystem bilden die exekutiven Funktionen. Diese Kontrollprozesse sind erst in den letzten zwei Jahrzehnten in den Fokus der Motivationspsychologie sowie der Kognitions- und Neurowissenschaft gerückt (Goschke, 2008).

Schließlich rückte das Thema auch in den Blick der Sportwissenschaft und ein neuer, Disziplinen übergreifender Wissenschaftszweig konnte entstehen: die Bewegungsneurowissenschaft (Kubesch, 2007). Dieser relativ neue Forschungsbereich beschäftigt sich mit den Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf kognitive Funktionen, hierbei hauptsächlich auf die exekutiven Funktionen. Diese werden in der Literatur häufig in die Bereiche Arbeitsgedächtnis, Inhibition und kognitive Flexibilität unterteilt (Kubesch, 2007).

Diese Untersuchung bewegt sich auch im Bereich der Bewegungsneurowissenschaft und ihr Ziel ist es herauszufinden, ob sich 5-minütige Bewegungseinheiten im Unterricht auf die exekutive Leistungsfähigkeit von SchülerInnen auswirken.

Dazu werden im Kapitel 2 die theoretischen Grundlagen zum Thema Bewegung und exekutive Funktionen erläutert. Zu Beginn wird der Begriff „Exekutive Funktionen“ näher beschrieben, bevor mit deren Entwicklung und ihren neuronalen Hintergründen fortgefahren wird. Auch auf die schulische Relevanz dieser kognitiven Funktionen wird eingegangen, bevor mit der Darstellung von ausgewählten Studien zur Wirkung von Sport auf die exekutive Leistungsfähigkeit zur Untersuchung übergeleitet wird. Es folgt in Kapitel 3 eine detaillierte Darlegung der Untersuchungsmethodik und den zugrunde liegenden Hypothesen und Fragestellungen. Schließlich werden die Ergebnisse tabellarisch und graphisch aufbereitet und im Anschluss interpretiert und diskutiert. Die Arbeit endet mit einem Fazit und einer Aussicht zum Thema exekutive Funktionen und körperliche Aktivität.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Exekutive Funktionen

Die exekutiven Funktionen werden den höheren kognitiven Prozessen zugeordnet und auch als Kontrollprozesse bezeichnet. Sie unterstützen neue Verhaltensweisen und ermöglichen die Anpassung von Verhalten an neue Situationen (Burgess et al., 2008). Der Sitz dieses übergeordneten Kontrollsystems wird hauptsächlich dem Präfrontalen Cortex zugeordnet, nicht zuletzt, weil sich dieser parallel zu den exekutiven Funktionen entwickelt (Kubesch & Walk, 2009). Eine Schädigung im Frontalhirn muss aber nicht unbedingt zu einer Beeinträchtigung der exekutiven Funktionen führen, genauso wenig wie Auffälligkeiten der exekutiven Funktionen immer mit einer Schädigung des Frontalhirns einhergehen müssen, woraus folgt, dass sie keine Einheit darstellen. Es wird angenommen, dass sie neben dem präfrontalen Cortex noch mit verschiedenen anderen Hirnstrukturen in Verbindung gebracht werden müssen. Die konkreten Mechanismen, welche diesen Kontrollfunktionen zugrunde liegen, sind bisher noch nicht geklärt (Kubesch, 2007).

Eine einheitliche Definition zu den exekutiven Funktionen ist in der Literatur kaum zu finden, was daran liegt, dass ihnen sehr viele verschiedene Kontrollprozesse zugeschrieben werden. Dazu zählen beispielsweise die Steuerung von Aufmerksamkeitsprozessen, insbesondere die Fähigkeit die Aufmerksamkeit auf bestimmte Informationen zu fokussieren sowie das schnelle Wechseln zu einer neuen Bezugsquelle (Kubesch, 2007). Weitere Kontrollprozesse wären die Zukunftsplanung, das Wechseln zwischen zwei Aktivitäten (Burgess et al., 2008), das Überwachen eigener Lernfortschritte sowie das flexible Einsetzen von Lösungsstrategien (Kubesch & Walk, 2009). Darüberhinaus wird das exekutive System auch für abstrakte Denkprozesse, zur Entscheidungsfindung, für vorrausschauende Handlungsplanung sowie für die zeitliche Strukturierung der Aufgabenausführung und zur Fehlererkennung und –korrektur benötigt (Kubesch, 2007). Anhand dieser beachtlichen Aufzählung ist zu erkennen, wie wichtig diese Kontrollfunktionen in unserem täglichen Leben sind und dass es kaum Handlungsprozesse gibt, an denen sie nicht in irgendeiner Form beteiligt sind.

In der Literatur werden sehr oft drei Kernkomponenten der exekutiven Funktionen unterschieden: das Arbeitsgedächtnis, die Inhibition und die kognitive Flexibilität, auf

welchen alle Kontrollprozesse aufbauen (Emerson, 2000; Kubesch, 2007; Kubesch & Walk, 2009).

2.1.1 Arbeitsgedächtnis

Mit Hilfe des Arbeitsgedächtnisses ist es uns möglich, aufgabenrelevante Informationen zu speichern und weiter zu verwenden. Trotz seiner begrenzten Speicherkapazität von etwa 7 Elementen wie Worten, Objekten oder Ziffern über einen Zeitraum von nur wenigen Sekunden, können die gespeicherten Informationen beispielsweise zur Entstehung komplexer Funktionen wie Sprache, Lernen oder Handlungsplanung verwendet werden (Kubesch & Walk, 2009). Außerdem dient es dazu, Informationen ins Langzeitgedächtnis zu überführen, von wo sie später auch wieder ins Arbeitsgedächtnis zurückgeholt und verwendet werden können (Kubesch, 2007 zit. nach Goldman-Rakic, 2003).

Laut Brandt & Buchner (2008) lässt sich das menschliche Gedächtnis in drei Bereiche unterteilen: das Langzeit-, das Arbeits- und das sensorische Gedächtnis.

Gegenwärtig wird hauptsächlich das Modell zum Arbeitsgedächtnis von Baddeley & Hitch (1974) als Grundlage für Untersuchungen herangezogen. Darin wird zwischen der „zentralen Kontrolleinheit (= zentrale Exekutive)“, den zwei Subsystemen, einem phonologischen und einem visuell-räumlichen, und einem episodischen Puffer unterschieden. Das phonologische System dient dazu akustische, artikulatorische sowie visuell präsentierte sprachliche Informationen zu verarbeiten. Seine Kapazität liegt in etwa bei 2 Sekunden, alles was in dieser Zeitspanne nicht ausgesprochen werden kann, muss aus dem Langzeitgedächtnis hergeholt werden oder geht verloren. Nur durch „subvokales Wiederholen“, also eine Form von innerlichem Sprechen, kann die Information in einer phonologischen Schleife bereitgehalten und so die Zeitspanne bis zum Verlust der Information verlängert werden (Brandt & Buchner, 2008 zit. nach Baddeley & Hitch, 1974). Mit Hilfe des phonologischen Systems kann auch der Wortlängeneffekt erklärt werden. Dieser besagt, dass die Anzahl der im Arbeitsgedächtnis bereit gehaltenen Wörter mit ihrer Länge abnimmt und wurde bereits in einigen Untersuchungen bestätigt. Ausschlaggebend hierfür ist vor allem der Unterschied in der Dauer der Aussprache der Wörter. Je länger ein Wort, desto länger braucht ein Mensch auch es auszusprechen. Die Ergebnisse zeigten, dass so viele Wörter im Arbeitsgedächtnis behalten werden, wie in 2 Sekunden ausgesprochen werden kön-

nen. Jedes weitere Wort übersteigt die Kapazität des phonologischen Subsystems (Baddeley, 2012).

Im visuell-räumlichen Subsystem werden visuelle Wahrnehmungen und Vorstellungen, wie etwa Formen, Farben und räumliche Informationen verarbeitet. Auch hier wurde eine Kapazität von etwa 2 Sekunden nachgewiesen, danach gehen die visuellen Informationen aus dem Arbeitsgedächtnis wieder verloren (Baddeley, 2012).

Der episodische Puffer speichert die Informationen in einem multimodalen Kode, wodurch sie zu zusammenhängenden Episoden verknüpft werden können, was die Leistung des Arbeitsgedächtnisses erhöht. So kann sich ein Mensch nicht mehr als fünf bis sechs zufällig ausgewählte Wörter kurzzeitig merken. Formen die Wörter jedoch Sätze, so steigt die Erinnerungsleistung beträchtlich an (Baddeley, 2012).

Gesteuert und kontrolliert werden die Subsysteme sowie der episodische Puffer von einer zentralen Exekutive, welche mit dem präfrontalen Kortex in Verbindung gebracht wird (Baddeley, 2012). *„Hier werden Verarbeitungsprioritäten vergeben, Routineprozesse bei Bedarf unterbrochen, nichtroutineprozesse überwacht, Handlungsergebnisse mit Handlungszielen verglichen und vieles mehr.“* (Brandt & Buchner, 2008, S. 456)

2.1.2 Inhibition

Inhibition wird als Selbst-Kontrolle beschrieben, die es uns erlaubt, Handlungen bewusst auszuwählen und durchzuführen und nicht nur als Antwort auf einen Impuls zu reagieren (Amso et al., 2006). Eine gut funktionierende inhibitorische Fähigkeit verringert die Beeinflussung durch äußere Bedingungen, eigene Emotionen oder fest verankerte Verhaltensweisen, wodurch die Aufmerksamkeit und das Verhalten besser gesteuert werden können (Barnett et al., 2007).

Die Inhibition ist also die Fähigkeit Verhalten, welches dem angestrebten Ziel oder dem aktuellen Kontext nicht entspricht, zu hemmen (Kubesch & Walk, 2009).

Die Inhibition spielt immer dann eine große Rolle, wenn zwei Antworttendenzen miteinander konkurrieren, üblicherweise eine automatisierte und eine weniger automatisierte Reaktion. Ein typisches Beispiel hierfür wäre die Farbbenennungsaufgabe von Stroop (Goschke, 2008 zit. nach Stroop, 1935), bei der Probanden die Druckfarbe von Wörtern benennen sollen, welche ihrerseits auch Farben bezeichnen. Es konnte

gezeigt werden, dass bei inkongruenten Reizen (z.B.: das Wort „rot“ in blauer Schriftfarbe) die Reaktionszeit erhöht wird. Dies ist dadurch erklärbar, dass die stärkere Reaktionstendenz, nämlich das Lesen des Wortes, nicht völlig unterdrückt werden kann und so die Verarbeitung dieser störenden Information gehemmt werden muss, was etwas Zeit in Anspruch nimmt (Goschke, 2008).

Darüberhinaus ist die Inhibition auch bei konkurrierenden Motivationstendenzen von zentraler Bedeutung. Meist handelt es sich dabei um den Konflikt zwischen einer aktuellen und einer zukünftig antizipierten Motivation (z.B.: eine Zigarette rauchen vs. nicht an Lungenkrebs erkranken), wobei zeitnahe Tendenzen meist einen größeren Einfluss auf die Reaktionsauswahl haben als zukünftige Aussichten. Um dennoch langfristige Ziele verfolgen zu können, müssen impulsive Motivationstendenzen inhibitorischen Prozessen der Selbstkontrolle unterliegen (Goschke, 2008).

Untersuchungen zeigen, dass Drogensucht mit einer Beeinträchtigung der kognitiven Kontrollfunktionen, v.a. der Inhibition, in Zusammenhang steht. Reaktionen des impulsiven Motivationssystems können nicht genügend unterdrückt werden und trotz des Wissens über die Konsequenzen kann das Verhalten nicht nach ihnen ausgerichtet werden. Es ist jedoch noch nicht gänzlich geklärt, ob der Mangel an kognitiver Kontrolle als Folge von Drogenkonsum oder als begünstigender Faktor zur Entwicklung einer Sucht angesehen werden muss (Goschke, 2008).

2.1.3 Kognitive Flexibilität

Kognitive Flexibilität ermöglicht das schnelle Anpassen an veränderte Ansprüche und Anforderungen einer Situation und basiert sowohl auf dem Arbeitsgedächtnis als auch auf der Inhibition. Das Betrachten einer Situation aus einer neuen bzw. anderen Perspektive, das Wechseln zwischen verschiedenen Perspektiven sowie das schnelle Anpassen an Veränderungen werden als Kernfunktionen der kognitiven Flexibilität beschrieben (Barnett et al., 2007).

Sobald ein Handlungsziel entworfen und übernommen wird, wird das kognitive System darauf ausgerichtet. Sowohl die Wahrnehmung als auch die motorischen Prozesse werden auf das Ziel fokussiert, sodass erfolgreich gehandelt werden kann. Nur durch das Zusammenarbeiten der exekutiven Funktionen Arbeitsgedächtnis, Inhibition und kognitive Flexibilität kann eine zielgerichtete Handlungskontrolle erfolgen. Mithilfe der inhibitorischen Fähigkeit werden alle Informationen, die zum Erreichen

des Ziels nicht wichtig sind, ausgeblendet, um so eine schnelle und ungestörte Verarbeitung der zieldienlichen Reize zu ermöglichen. Das Arbeitsgedächtnis speichert und kombiniert die Informationen, sodass eine angemessene Reaktion ausgewählt werden kann. Die kognitive Flexibilität sorgt dafür, dass die Prozesse im Sinne des Zieles interagieren (Hommel, 2008).

2.1.4 Selektive Aufmerksamkeit

Aufmerksamkeit ermöglicht den Menschen die zielgerichtete Selektion von sensorischen Wahrnehmungen sowie motorischen und emotionalen Reaktionen. Dazu bedarf es einer Serie von neuronalen Netzwerken (Posner & Rothbart, 2001), um diesen komplexen Prozess der Wahrnehmungs- und Handlungssteuerung ausführen zu können. Die selektive Aufmerksamkeit ist eine sehr hoch entwickelte Fähigkeit, die es ermöglicht nur relevante Informationen in einer Situation aufzunehmen und unwichtige sensorische Signale zu blockieren. So kann schnell ein geeignetes Reaktionsverhalten gefunden werden und der Prozess wird nicht durch die Verarbeitung von unnötigen Stimuli verlangsamt (Posner & Rothbart, 2001).

Selektive Aufmerksamkeit ist stark verknüpft mit den exekutiven Funktionen, da sie einen wichtigen Beitrag zur Handlungskontrolle leistet und ihr die Inhibition als Grundlage dient (Posner & Rothbart, 2001). Ohne die Auswahl der zielführenden Informationen wäre es aufgrund der Fülle an Wahrnehmungen unmöglich ein angemessenes Verhalten zu zeigen.

2.2 Entwicklung exekutiver Funktionen

Während sich ein Großteil des Nervensystems bereits vor der Geburt entwickelt, bedarf es dennoch einer langen postnatalen Entwicklung, um die Grundstruktur des menschlichen Gehirns zu vervollständigen (Posner & Rothbart, 2001). Die Ausbildung der exekutiven Funktionen steht sehr eng in Verbindung mit der des Gehirns. Neue bildgebende Verfahren haben gezeigt, dass das Auftreten von selbstkontrollierten Handlungen und die Entwicklung bestimmter Gehirnregionen weitgehend parallel verlaufen (Kubesch, 2007; Posner & Rothbart, 2001). Keine Kontrollfunktion ist nur in einem einzigen Gehirnareal lokalisiert, sondern sie bedienen sich eines Netzwerkes aus stark miteinander verknüpften Gehirnbereichen. Die exekutiven Funktionen werden laut Posner & Rothbart (2001) vor allem mit den mittleren,

frontalen Teilen des Gehirns in Verbindung gebracht. Der anterior cinguläre Cortex (ACC), die supplementär-motorische Rinde (SMA) und Teile der Basalganglien sind bei der Anwendung der Kontrollfunktionen aktiviert.

Eine zentrale exekutive Funktion ist die Inhibitionsfähigkeit. Erst mit einem Alter zwischen 5 und 8 Monaten entwickelt sich bei Kindern die Fähigkeit Reflexe (z.B. den Greifreflex) zu inhibieren. Die Reifung der supplementär-motorischen Rinde (SMA) ist hierfür ausschlaggebend. Zwischen 8 und 12 Monaten gelingt es Kleinkindern erstmals vorherrschende, gewohnte Antworttendenzen zu inhibieren, wofür die Entwicklung des dorsolateralen präfrontalen Cortex verantwortlich ist (Diamond, 1991).

Auch die Fähigkeit zwei Handlungen in Beziehung zu setzen ist erst bei Kindern im Alter von 5 bis 8 Monaten zu erkennen. Sie sind in der Lage zwei verschiedene Aktionen zu einer Handlungssequenz zu kombinieren, um ein Ziel zu erreichen. Etwa 3 Monate später können sie bereits zwei Bewegungen aufeinander abstimmen, welche gleichzeitig ausgeführt werden. Diese Entwicklung befähigt ein Kind dazu, zeitgleich jeweils unterschiedliche Handlungen mit seiner linken und seiner rechten Hand auszuführen. Im gleichen Alter wird es für Kleinkinder auch möglich Beziehungen zwischen Informationen herzustellen, welche eine zeitliche oder räumliche Trennung aufweisen. Um dies zu bewältigen bedarf es sowohl eines Arbeitsgedächtnisses als auch einer selektiven Aufmerksamkeit. Die Fähigkeit des „In-Beziehung-Setzens“ ist mit dem dorsolateralen präfrontalen Cortex und der SMA verknüpft. Für die beidhändige Koordination ist die Kommunikation zwischen den SMAs der rechten und der linken Gehirnhälfte nötig (Diamond, 1991).

Eine Studie von Diamond (1991) zeigte, dass sich Kinder zwischen 6 und 12 Monaten hinsichtlich ihrer Konfliktlösungsstrategien schon deutlich unterscheiden. Die Aufgabe bestand darin einen Gegenstand aus einer durchsichtigen Box zu holen, welche nur nach einer Seite geöffnet war. Kinder mit 6 bis 7 Monaten versuchten stets den Gegenstand von der Seite zu erreichen von der aus sie ihn sahen, auch wenn sie dabei auf eine der geschlossenen Seiten der Box stießen. Selbst wenn sie den Gegenstand so nicht erreichten änderten sie ihre Vorgangsweise nicht (Diamond, 1991). Dieses inflexible, sich wiederholende Verhaltensmuster deutet darauf hin, dass die exekutiven Funktionen Inhibition, Arbeitsgedächtnis, Planung und Konzentration noch kaum ausgebildet sind (Kubesch, 2007). Mit 8 bis 9 Monaten begannen die Kleinkinder die Box hochzuheben und zu untersuchen. Jedoch waren sie

nicht in der Lage, die Box mit der einen Hand zu heben und mit der anderen den Gegenstand heraus zu holen. Nachdem sie die Box mit beiden Händen wieder auf den Boden gestellt hatten, wollten sie wieder durch die ihnen zugewandte, geschlossene Seite greifen. Die Tendenz direkt durch die Seite, auf die das Kind schaut, zu greifen ist sehr groß und kann in diesem Alter noch nicht inhibiert werden. Ab ca. 9 Monaten gelang es den meisten Kindern den Gegenstand aus der Box zu holen. Jedoch mussten sie die Box zuvor hochheben und mindestens einmal in die Öffnung hineinschauen, um anschließend zu wissen wie sie an ihr Ziel gelangen. Im Alter von 12 Monaten konnten die Kinder die Aufgabe schließlich perfekt lösen. Sie griffen ohne zu zögern und ohne vorher in die Öffnung geschaut zu haben in die Box und holten sich den Gegenstand, egal auf welcher Seite sich die Öffnung befand (Diamond, 1991).

Diese Untersuchung zeigt meiner Meinung nach genau die zuvor beschriebene Entwicklung der Inhibitionsfähigkeit und der Fähigkeit Handlungen aufeinander abzustimmen und parallel auszuführen.

Diamond, Gerstadt & Hong (1994) untersuchten die Entwicklung der exekutiven Funktionen bei Kindern zwischen 3,5 und 7 Jahren. Es wurde eine vereinfachte Form des Stroop-Tests verwendet, bei dem die Kinder aufgefordert wurden zu Karten mit abgebildeter Sonne „Nacht“ zu sagen und zu denen mit abgebildetem Mond „Tag“. Mit diesem Test wird sowohl die Inhibitionsleistung als auch die Entwicklung des Arbeitsgedächtnisses überprüft. Die Ergebnisse zeigten, dass die Leistung der Inhibition und des Arbeitsgedächtnisses mit steigendem Alter zunahm. Kinder im Alter von 3 bis 4 Jahren fiel es noch sehr schwer sich zwei Antwortregeln zu merken und gleichzeitig gewohnte Antworttendenzen zu inhibieren. Dabei scheint es vor allem die Kombination von Arbeitsgedächtnis und Inhibition zu sein, die die Kinder in diesem Alter so schlecht abschneiden ließ. Für die 6 und 7 Jährigen war diese Aufgabe kein Problem mehr. Sie zeigten keine Schwierigkeit dabei sich zwei Regeln zu merken und die vorherrschende Antworttendenz zu inhibieren (Diamond et al., 1994). Diese Untersuchung würde darauf hinweisen, dass zwischen 3 und 6 Jahren ein wichtiger Entwicklungsschritt bei den exekutiven Funktionen erfolgt.

Auch Kubesch (2007) geht davon aus, dass sich die Kontrollfunktionen ab dem dritten Lebensjahr sehr rasch entwickeln. Bis zu diesem Alter arbeitet das Frontalhirn verlangsamt, was auch der Grund dafür ist, dass eine kontrollierte Hemmung nicht

möglich ist (Kubesch, 2007). Bei erwachsenen Personen mit einer Schädigung des Frontalhirns kann ebenfalls das Wiederholen von Antworten (= perseverierendes Verhalten) beobachtet werden (Posner & Rothbart, 2001).

Posner & Rothbart (2001) konnten zeigen, dass es einen signifikanten Zusammenhang zwischen der inhibitorischen Verhaltenskontrolle und dem Temperament, also der Fähigkeit, Emotionen zu kontrollieren, von Kindern gibt. Neben der Inhibition verbessert sich also auch die emotionale Kontrolle ab 3 Jahren wesentlich (Kubesch, 2007). Im Zusammenhang mit dem Temperament wird bezüglich der Aufmerksamkeitssteuerung oft von „*bewusster, intentionaler Kontrolle*“ (Kubesch, 2007) oder „*effortful control*“ (Posner & Rothbart, 2001) gesprochen. Die erfolgreiche Verhaltenskontrolle führt dabei zu weniger aggressivem und vermehrt empathischem Verhalten. Kindern mit gut ausgeprägter „*effortful control*“ fällt es scheinbar leichter ihre Aufmerksamkeit von den belohnenden Aspekten von Aggression wegzulenken. Außerdem zeigen diese Kinder auch eine bessere Fähigkeit zur Empathie. Die erfolgreiche Kontrolle ermöglicht es ihnen, sich mit den Gedanken und Gefühlen anderer zu befassen und ihre eigenen Sorgen dabei unterzuordnen (Posner & Rothbart, 2001). Bei aggressivem Verhalten und beeinträchtigter Impulskontrolle wurde eine niedrigere Serotoninkonzentration im Zentralnervensystem festgestellt (Kubesch, 2007).

Untersuchungen zeigen, dass die Inhibitionsleistung im Kindes- und Jugendalter stets zunimmt. Bei Erwachsenen zeigt sie sich als gleichbleibend, bevor sie im höheren Alter schließlich abnehmen kann. Dabei verläuft die Ausbildung der exekutiven Funktionen weitgehend parallel mit der Entwicklung der frontalen Hirnregionen. Je weiter der präfrontale Cortex ausgebildet ist, desto besser sind auch Inhibition und Arbeitsgedächtnis (Bohlin & Brocki, 2004). Dies zeigt auch eine Untersuchung von Logan et al. (1999) zur Inhibitions geschwindigkeit von automatisierten Antworten. Im Alter zwischen 6 und 8 Jahren und zwischen 9 und 12 Jahren konnte eine Verbesserung der Inhibitionsprozesse festgestellt werden. Bereits bei jungen Erwachsenen (18 bis 29 Jahre) sowie bei Senioren zwischen 60 und 81 Jahren gab es keine Hinweise auf eine Entwicklung mehr (Bohlin & Brocki, 2004 zit. nach Logan et al., 1999).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Entwicklung der exekutiven Funktionen nach der Geburt eines Kindes beginnt und sich bis ins Jugendalter fortsetzt. Entscheidend für die Ausbildung der Kontrollfunktionen scheint dabei die Entwicklung

des präfrontalen Cortex zu sein. Besonders ab dem dritten Lebensjahr kommt es zu einer sehr schnellen und entscheidenden Verbesserung der Inhibition und des Arbeitsgedächtnisses, welche als Schlüsselfunktionen der exekutiven Kontrolle angesehen werden. Im Erwachsenen- und Seniorenalter dürfte die Ausbildung der Handlungskontrolle stagnieren beziehungsweise kann sie auch leicht abnehmen.

2.3 Neuronale Grundlagen der exekutiven Funktionen

Die Entwicklung von bildgebenden Verfahren brachte viele neue Möglichkeiten, um einen Einblick in neuronale Vorgänge zu erforschen und bedeutete für die neurowissenschaftliche Untersuchung der exekutiven Funktionen einen großen Schritt nach vorne. Schon vor etwa hundert Jahren wurde erstmals vermutet, dass der präfrontale Cortex eine wichtige Rolle für die Handlungskontrolle spielt. Hinweise darauf gaben Personen mit geschädigtem Frontalhirn, welche Schwierigkeiten bei der Planung und Ausführung von nicht automatisierten Handlungen, der Inhibition von automatisierten Reaktionen sowie beim Wechsel zwischen Situationsbedingungen aufwiesen (Goschke, 2008; Kubesch, 2007).

Im Forschungsfeld über die genauen neuronalen Vorgänge und Vernetzungen rund um die exekutiven Funktionen gibt es aber immer noch viele offene Fragen und Unklarheiten.

2.3.1 Präfrontaler Cortex

Der präfrontale Cortex (PFC) hat seinen Sitz im Frontallappen (siehe Abb.1) unseres Gehirns und nimmt in etwa zwei Drittel der Großhirnrinde ein (Kubesch, 2007). Neben dem präfrontalen Cortex liegen auch der Motorcortex, der prämotorische Cortex, das supplementär-motorische Areal und das Broca-Areal im Frontalhirn (Goschke, 2008).

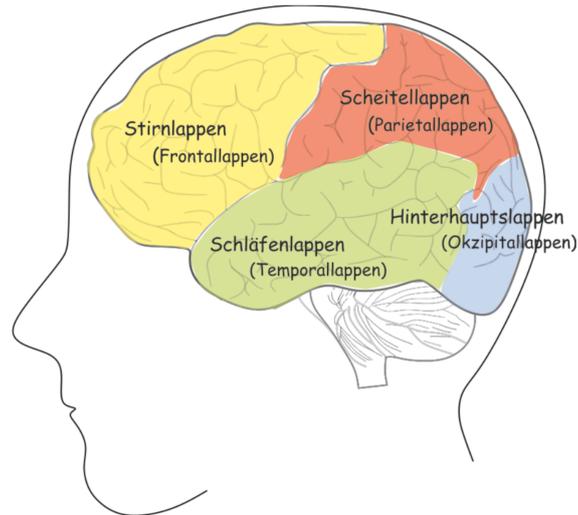


Abb 1 Die vier Lappen des Großhirns (Institut für kognitive Neurowissenschaft, S.4-6)

Der präfrontale Cortex ist die am weitesten anterior gelegene Region des Frontallappens und wird wiederum in einen lateralen (Brodmann-Areale 9, 44, 45, 46 und Teile von 47), einen medialen (Brodmann-Areale 9 bis 12 und Teile von 47) und einen orbitalen (Brodmann-Areale 4 bis 11 und Teile von 47) Bereich gegliedert (Goschke, 2008). Die laterale Region lässt sich nach Burgess & Gilbert (2008) weiter in ventro- und dorsolaterale sowie rostrale Strukturen unterteilen. Der ventrolaterale Teil des präfrontalen Cortex scheint bei der kurzzeitigen Aufrechterhaltung von Informationen (z.B. das Merken einer Telefonnummer, kurz bevor man sie wählt) eine Rolle zu spielen, wobei auch vermutet wird, dass verschiedene Bereiche unterschiedliche Typen von Informationen (z.B. der Klang eines Wortes versus seiner Bedeutung) speichern (Burgess & Gilbert, 2008; Goschke, 2008). Bei schwierigeren Verarbeitungsschritten der Informationen, welche über das reine Speichern hinausgehen, kommt es zu einer Aktivierung des dorsolateralen Präfrontalcortex. So beispielsweise beim Tippen der zuvor gespeicherten Telefonnummer in umgekehrter Reihenfolge der Ziffern. Darüberhinaus wird angenommen, dass er bei komplexen Fähigkeiten wie etwa dem Gestalten von Zukunftsplänen (Burgess & Gilbert, 2008), der Auswahl von passenden Reaktionen und der Inhibition von automatisierten Handlungen (Goschke, 2008) involviert ist. Die größte Subregion bildet der rostrale präfrontale Cortex. Patienten mit einer Schädigung in diesem Bereich fällt es schwer zur Bewältigung einer Aufgabe zwei unterschiedliche kognitive Vorgänge zu kombi-

nieren, sich in die Gefühls- und Gedankenwelt anderer hinein zu versetzen sowie auf Informationen aus dem Langzeitgedächtnis zuzugreifen (Burgess & Gilbert, 2008).

Was diesen Bereich unseres Gehirns auszeichnet, sind die vielen Verbindungen zu anderen Strukturen, aber auch die gute Vernetzung innerhalb seiner eigenen Regionen (Burgess & Gilbert, 2008). Laut Förstl (2005) ist er mit fast allen Hirnregionen verbunden, ausgenommen dem primär sensorischen Cortex und den sensorischen Relaykernen. Er ist stark mit den meisten Assoziationsfeldern des Temporal- und Parietalcortex vernetzt, welche sensorische Informationen an den AssoziationsCortex weiterleiten. Dort werden die auditorischen, visuellen und taktilen Reize zu komplexen Wahrnehmungen zusammengefügt und verarbeitet (Kupfermann, 1996).

Vor allem der laterale Präfrontalcortex verfügt auch über Verbindungen zu einigen motorischen Systemen, wie dem supplementär-motorischen Areal, dem prämotorischen Cortex, den Basalganglien (Goschke, 2008), dem posterior-parietalen Cortex sowie dem Cerebellum (Kubesch, 2007). Über Efferenzen ist der präfrontale Cortex sowohl mit dem prämotorischen als auch mit dem posterior-parietalen Cortex vernetzt und kann diese somit über Signale beeinflussen. Während der prämotorische Cortex für die Bewegungsplanung und die Einleitung von Handlungen zuständig ist, werden im posterior-parietalen Cortex somatische Wahrnehmungen und räumlich-visuelle Reize verarbeitet. Zu den Basalganglien und der Amygdala (siehe Abb 2) besteht sogar eine reziproke Verschaltung, das heißt es gibt sowohl efferente als auch afferente Signalwege. Beide Strukturen werden zum limbischen System gezählt (Kubesch, 2007). Die Basalganglien sind für die zentrale Regulation der Motorik zuständig, indem sie vor allem die Geschwindigkeit und die Kraft von Bewegungen steuern und koordinieren. Ihnen wird aber auch eine Bedeutung bei der Handlungsplanung zugeschrieben. Die Amygdala ist in Bezug auf die Regulation von Emotionen sehr wichtig und scheint auch bei Flucht- und Angstverhalten und den damit verbundenen autonomen und endokrinen Reaktionen eine Rolle zu spielen (Jessel, 1996).

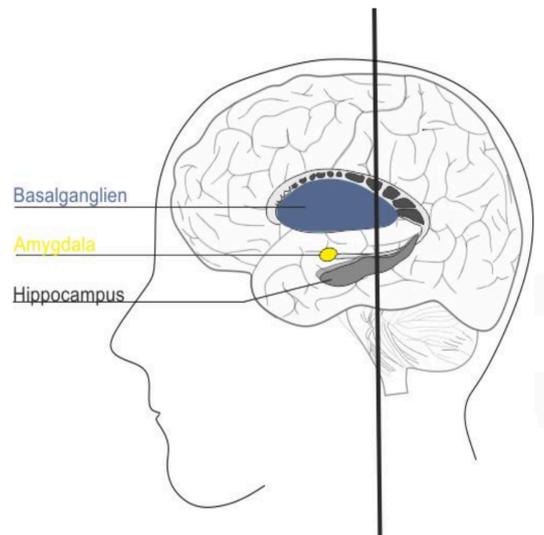


Abb 2 Sitz der Basalganglien, der Amygdala und des Hippocampus (Institut für kognitive Neurowissenschaft, S.6)

Außerdem ist der Präfrontalcortex mit dem Hippocampus afferent verschaltet, welcher ebenfalls einen Teil des limbischen Systems bildet und für Lern- und Gedächtnisleistungen von großer Bedeutung ist. Schließlich lassen sich auch noch afferente Verbindungen zum Kleinhirn (Cerebellum) nachweisen, welches maßgeblich die Bewegungskoordination regelt. Es erhält sensorische Signale aus dem Rückenmark, motorische Informationen aus der Großhirnrinde genau wie Informationen über das Gleichgewicht aus dem Innenohr. Diese Parameter nutzt das Cerebellum um die Kraft und das Ausmaß, die Planung und die zeitliche Abfolge von Bewegungen zu steuern und an die jeweilige Situation anzupassen. Auch die Körperhaltung und die Kopf- und Augenbewegungen werden von hier aus kontrolliert (Kubesch, 2007).

Anhand der unzähligen Verschaltungen des präfrontalen Cortex ist es nicht verwunderlich, dass er eine so zentrale Rolle bei der Handlungskontrolle spielt. Er koordiniert sensorische Informationen mit Gedächtnisinhalten sowie emotionalen Bewertungen und steuert im Bezug auf all jene Parameter das Verhalten. Er kann als oberstes Kontrollzentrum der Handlungssteuerung angesehen werden und ist gleichzeitig stark an der Regulierung von Emotionen beteiligt (Stroth, 2009).

2.3.2 Anteriorer cingulärer Cortex

Der anteriore cinguläre Cortex befindet sich im medialen Frontalhirn und wird immer wieder in Verbindung mit kognitiven Kontrollprozessen gebracht (Goschke, 2008). Da er einen Teil des limbischen Systems bildet ist er auch an der Emotionskontrolle beteiligt (Kubesch, 2007).

Der anteriore cinguläre Cortex rückte in den Fokus der Wissenschaft, da diese Hirnregion bei vielen Untersuchungen zu den exekutiven Funktionen eine Aktivität aufwies. Vor allem dann, wenn die Aufgaben konkurrierende Antworttendenzen oder mehrere Handlungsalternativen hervorriefen. So scheint er für die Kontrolle und Lösung von Antwortkonflikten zuständig zu sein (Förstl, 2005).

Kubesch (2007) unterteilt den anterioren cingulären Cortex erneut in zwei Subregionen. Der dorsale paralimbische Anteil steuert hauptsächlich kognitive Funktionen und hier vor allem das Arbeitsgedächtnis und die Inhibition. Der rostral-ventrale Bereich hingegen ist vornehmlich für die Verarbeitung von emotionalen Prozessen verantwortlich.

Wie der Präfrontalcortex verfügt auch der anteriore cinguläre Cortex über vielzählige Verbindungen zu anderen Hirnstrukturen. So stehen der Motorcortex, das Rückenmark, der laterale präfrontale Cortex, der Thalamus, der Hippokampus sowie die Amygdala und das Stammhirn in Kontakt zu dieser Hirnregion. Daher wird der anteriore cinguläre Cortex als Schnittstelle für emotionale, kognitive, motorische und motivationale Prozesse gesehen, wo diese verarbeitet und kontrolliert werden. Aus diesem Grund können sich Läsionen in diesem Bereich des Gehirns sehr unterschiedlich auswirken. Aufmerksamkeitsstörungen, emotionale Instabilität, Defizite im Arbeitsgedächtnis und der Inhibition und Probleme bei der Sprachgenerierung wurden beobachtet (Kubesch, 2007). Bei Goschke (2008) wird der ACC auch mit der Überwachung von Reaktionskonflikten und dem Auffinden von Fehlern in Verbindung gebracht.

Einer Theorie von Burgess & Gilbert (2008) zufolge, soll der anteriore cinguläre Cortex die Kontrolle nicht selbst ausführen, sondern den präfrontalen Cortex aktivieren, wenn höhere Kontrollfunktionen bei Antwortkonflikten benötigt werden. Dies würde erklären woher der Präfrontalcortex „weiß“ wann er kontrollierend in Handlungen eingreifen soll. Die Theorie gilt aber noch als sehr umstritten.

2.3.3 Neurotransmission

Das menschliche Gehirn besteht in etwa aus 100 Milliarden Nervenzellen, welche über sogenannte Synapsen Signale weiterleiten können. Die Übertragung im synaptischen Spalt (siehe Abb 3) kann entweder elektrisch oder chemisch mittels Überträgerstoffe (Neurotransmitter) erfolgen. Zu den wichtigsten Neurotransmittern zählen beispielsweise Acetylcholin, Noradrenalin, Serotonin sowie Dopamin, Glutamat, Gamma-Aminobuttersäure und Glycin. Kommt ein elektrisches Signal in Form eines Aktionspotentials am Ende eines Neurons an, so werden Transmitterstoffe in den synaptischen Spalt abgegeben, welche zuvor in Vesikeln (Bläschen) gespeichert waren (siehe Abb.3). Diese können an spezielle Rezeptoren in der postsynaptischen Membran binden, was zur Öffnung von Ionenkanälen führt und es so zu einer Hyperpolarisierung (Erregung) oder einer Depolarisierung (Hemmung) der Nervenzelle kommt (Hollmann & Strüder, 2009). Anschließend werden die Neurotransmitter im synaptischen Spalt wieder abgebaut und so die Signalübertragung gestoppt (Kainberger, 2013).

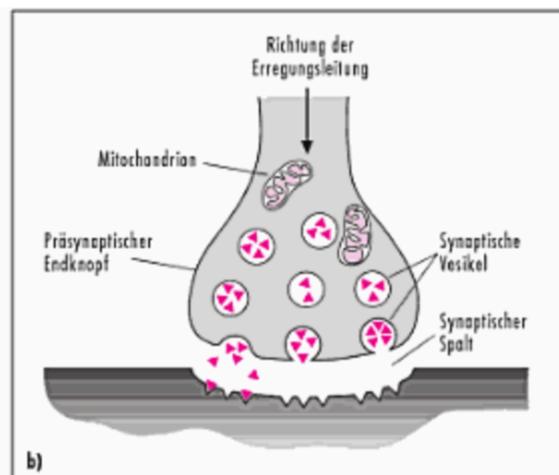


Abb 3 Funktionelle Darstellung des synaptischen Spaltes (Hollmann & Strüder, 2009, S.20)

In dieser Arbeit werden die Neurotransmitter Serotonin und Dopamin näher betrachtet, weil viele Studien besagen, dass sie durch körperliche Aktivität beeinflussbar sind und da ihnen große Bedeutung im Zusammenhang mit den exekutiven Funktionen zugeschrieben wird. Die meisten der bisherigen Erkenntnisse zur Transmitterausschüttung stammen aus Tierversuchen, da die extrazelluläre Messung bei Menschen aus ethischen Gründen nicht erlaubt ist (Kubesch, 2007).

Nur etwa 1% des körpereigenen Serotonins befindet sich im Gehirn, während sich der Rest auf den Magen-Darm-Trakt und die Thrombozyten (Blutplättchen) aufteilt (Kubesch, 2007). Die Aminosäure Tryptophan dient als Ausgangsstoff für Serotonin und wird über Carrier durch die Blut-Hirn-Schranke transportiert. Der Neurotransmitter wird erst direkt im Gehirn gebildet, vor allem in den Raphe-Kernen des Mittelhirnes. Von dort aus reichen die serotonergen Nervenzellen in alle Bereiche des Zentralnervensystems, vom frontalen Cortex bis zum Rückenmark (Bellebaum et al., 2005). Serotonin ist an der Zellteilung von Neuronen beteiligt, an der Bildung von Dendriten, Axonen und Synapsen und stabilisiert synaptische Verbindungen. Es beeinflusst damit maßgeblich die Bildung von neuronalen Netzwerken (Hüther & Rüter, 2000). Laut Bellebaum et al. (2005) steht das serotonerge System in enger Verbindung zu Lern- und Gedächtnisleistungen sowie zu den exekutiven Funktionen. So führt ein Serotoninmangel zu Beeinträchtigungen der Lern- und Merkfähigkeit sowie zu Schwierigkeiten bei Prozessen der Entscheidungsfindung. Außerdem zeigen Untersuchungen, dass auch die kognitive Flexibilität und die Verhaltenshemmung abnehmen. Engelhardt & Reuter (2010) gehen ebenfalls von einer positiven Wirkung auf die kognitiven Funktionen aus und beschreiben weiter einen stimmungshebenden Effekt von Serotonin. Eine übermäßige Zugabe von Serotonin führt hingegen zu einer Verschlechterung des Arbeitsgedächtnisses (Bellebaum et al., 2005).

Neben Serotonin soll auch noch der Neurotransmitter Dopamin eng in Verbindung mit den exekutiven Funktionen stehen. Er wurde Ende der 50er-Jahre vom schwedischen Neurobiologen und Nobelpreisträger Arvid Carlsson entdeckt. Vom ventralen Tegmentum (Schicht im Hirnstamm, die ventral an den inneren Liquorraum grenzt) wird das Dopamin über Nervenbahnen in den präfrontalen Cortex sowie in das limbische System und zu den Basalganglien geleitet. Der Neurotransmitter wird aus der Aminosäure Tyrosin synthetisiert und bildet die Vorstufe zu Noradrenalin und Adrenalin (Kubesch, 2007). Dopamin soll den Prozess des Lernens sehr stark beeinflussen, da es mit Motivationsprozessen und Belohnung in Beziehung gebracht wird (Spitzer, 2004). Über den präfrontalen Cortex beeinflusst der Neurotransmitter auch die exekutiven Funktionen. So konnten Briand und Kollegen (2004) zeigen, dass ein Mangel an Dopamin zu Beeinträchtigungen des Arbeitsgedächtnisses und der Inhibitionsleistung führt. Der Transmitter scheint den präfrontalen Cortex zu innervieren, was den Zugang von aufgabenrelevanten Informationen ins Arbeitsgedächtnis ermöglicht. Jedoch wird auch bei übermäßiger Zufuhr von Dopamin eine Verschlechterung

rung der exekutiven Funktionen beobachtet. Es dürfte also genauso wie bei Serotonin auf die optimale Dosierung des Neurotransmitters ankommen (Kubesch, 2007).

2.3.4 Zusammenfassung

In diesem Abschnitt wurde aufgezeigt, dass auch auf molekularer Ebene eine Vielzahl an Mechanismen an den exekutiven Funktionen und somit an der Handlungskontrolle beteiligt ist. Die entscheidende Rolle spielt dabei offensichtlich der präfrontale Cortex mit allen seinen Vernetzungen. Obwohl die Forschung rund um die Kontrollfunktionen und ihre neuronalen Hintergründe in den letzten Jahren große Fortschritte zu verzeichnen hatte, gibt es dennoch viele offene Fragen. So konnten bisher viele neuronale Strukturen gefunden werden, welche an den exekutiven Funktionen beteiligt sind, die genauen Wirkmechanismen sind aber weitgehend völlig unbekannt. In anderen Worten:

„[...] we may know that a particular region of prefrontal cortex supports a particular ability, but not necessarily how.“ (Burgess & Gilbert, 2008, S. 113)

2.4 Exekutive Funktionen und Schule

„EFs are more strongly associated with school readiness than are intelligence quotient (IQ) or entry-level reading or math skills.“ (Barnett et al., 2007, S.1387)

Barnett, Diamond, Munro und Thomas (2007) sind also der Meinung, dass die exekutiven Funktionen viel mehr über die Schuleignung eines Kindes aussagen als etwa dessen Intelligenzquotient, die Leseleistung oder die mathematischen Fähigkeiten. Ihre Studie zeigt, dass die exekutiven Funktionen in engem Zusammenhang mit den schulischen Leistungen stehen, sowohl im Volksschulalter als auch in höheren Schulen. Kubesch & Walk (2009) gehen sogar noch einen Schritt weiter und sehen die exekutiven Funktionen als Grundlage für Kompetenzen, die Jugendliche später in hohem Maße für das Studium und den Arbeitsmarkt qualifizieren.

Eine zentrale Fähigkeit, welche jedes Kind durch seine gesamte Schullaufbahn begleitet, nämlich das Lernen, basiert sehr stark auf den exekutiven Funktionen und steht in engem Zusammenhang mit den schulischen Leistungen (Kubesch & Walk,

2009). Auch Denckla (2007) konnte zeigen, dass Lernschwächen bei Kindern meist mit Defiziten der exekutiven Funktionen einhergehen. Viele der bereits erwähnten Funktionen wie etwa das flexible Einsetzen von Lösungsstrategien, das Überwachen eigener Lernfortschritte, die Handlungsplanung, das Lernen generell (Kubesch & Walk, 2009) sowie die Aufmerksamkeitssteuerung und das Anpassen an veränderte Situationen sind wichtige Fähigkeiten, die Kinder täglich im Schulalltag anwenden und beherrschen müssen (Barnett et al., 2007). Umso einleuchtender die Beziehung zwischen exekutiven Funktionen und schulischer Leistung.

SchülerInnen mit einer exekutiven Dysfunktion fällt es schwer auf verschiedene kognitive Aktivitäten gleichzeitig zuzugreifen, sie zu organisieren und zu koordinieren. Dies äußert sich vor allem in Schwierigkeiten beim sinnerfassenden Lesen. Während sie sich zu viel auf Details fokussieren, gelingt es ihnen kaum das Hauptthema eines Textes zu erfassen, da ihre Gedanken an einzelnen Informationen „hängen bleiben“ und kein Zusammenhang erkannt wird (Meltzer & Krishnan, 2007). Darüberhinaus konnten Meltzer und ihre Kollegin noch bei den folgenden schulbezogenen Fertigkeiten Zusammenhänge zur Handlungskontrolle feststellen:

- Kreatives Schreiben
- Selbstständiges Lernen & Hausübungen
- Projekte über einen längeren Zeitraum
- Prüfungen ablegen

SchülerInnen mit schlecht ausgebildeten exekutiven Funktionen strengt es besonders an ihre Gedanken zu ordnen und niederzuschreiben. Es fällt ihnen schwer ein Konzept zur Gliederung eines Textes zu entwerfen, sowohl im Bezug auf die räumlichen Anordnung der Zeilen auf einer Seite als auch bei der inhaltlichen Organisation von z.B. Argumenten. Beim selbstständigen Lernen, den Hausübungen und Projekten scheitern SchülerInnen mit exekutiver Dysfunktion oft am Zeitmanagement, dem Setzen von langfristigen Zielen, dem Vorausplanen und dem Abschätzen von Ergebnissen. Fähigkeiten bei denen die kognitive Flexibilität eine wichtige Rolle spielt. Auch bei Prüfungen, einem entscheidenden Teil unseres Schulsystems, sind die exekutiven Funktionen der SchülerInnen gefragt. Zeitmanagement, das Herausfiltern von wichtigen Informationen, Aufmerksamkeitslenkung und das Planen von Antworten sind wichtig für das gute Abschneiden bei Tests und Fähigkeiten, die stark auf exekutiver Kontrolle basieren (Meltzer & Krishnan, 2007).

So sind Kubesch & Walk (2009) der Meinung:

„Der Stellenwert exekutiver Funktionen für die Schuleignung, die Lernleistung und die sozial-emotionale Entwicklung von Kindern und Jugendlichen ist kaum zu überschätzen.“ (Kubesch & Walk, 2009, S. 310)

Die Inhibition soll außerdem eine wichtige Rolle bei der Disziplin von SchülerInnen spielen. Ein Kind, welches im Unterricht wiederholt stört oder mit dem/r Nachbar/in redet, macht dies nicht mangels Wissen darüber, dass es nicht stören soll, sondern aufgrund von Defiziten der inhibitorischen Fähigkeiten. Es kann dieses Verhalten, welches in den Kontext der Unterrichtsstunde nicht hineinpasst, nicht hemmen und folgt seinem inneren Impuls (Barnett et al., 2007). Nur durch eine gut ausgeprägte Handlungskontrolle ist es SchülerInnen möglich zielgerichtet zu arbeiten und diejenigen Aktivitäten und Handlungen zu vermeiden, die dem aktuellen Kontext nicht entsprechen (Kubesch & Walk, 2009).

Barnett et al. (2007) berichten weiters von einem wissenschaftlich belegten Zusammenhang zwischen exekutiven Funktionen und ADHS/ADS, LehrerInnen Burnout, Schulabbruch, Drogenkonsum und Kriminalität. Dinge, denen die Schule entgegenwirken möchte und wofür die Förderung dieser kognitiven Funktionen offensichtlich sehr wichtig ist.

Bei ADHS ist vor allem die Fähigkeit der Inhibition eingeschränkt, was dazu führt, dass Patienten unangebrachtes Verhalten nicht unterdrücken können und ihrem inneren Impuls folgen (Bridge Denckla, 2007).

Viele Untersuchungen der letzten Jahre gehen der Frage nach, ob die exekutiven Funktionen mit der Intelligenz von SchülerInnen in Beziehung stehen. Anderson et al. (2012) konnten bei Kindern zwischen 7 und 9 Jahren einen signifikanten Zusammenhang zwischen exekutiven Funktionen und Intelligenz feststellen. Frühere Testreihen von Juujärvi et al. (2003) und Groisser et al. (1991) konnten diese beiden kognitiven Variablen jedoch nicht miteinander in Verbindung bringen.

Die Schule bietet laut Kubesch & Walk (2009) auch wunderbare Möglichkeiten, um die exekutiven Funktionen der SchülerInnen zu trainieren. In der Literatur lassen sich drei Ansätze zur Förderung finden: das kognitive Training, das körperliche Training und eine Kombination aus kognitivem und körperlichem Training. Da der Entwicklungsprozess der Kontrollfähigkeiten bis ins Erwachsenenalter andauert, ist es in allen Schulstufen sinnvoll diese zu fördern (Kubesch & Walk, 2009).

Besonders der Sportunterricht bietet viele Gelegenheiten, um exekutive Funktionen zu verbessern. Das Merken von Bewegungsaufgaben oder Spielregeln kann beispielsweise das Arbeitsgedächtnis trainieren, das Abändern von routinierten Bewegungen die Inhibition und das Entwickeln von eigenen Lösungswegen die kognitive Flexibilität. Die positive Wirkung von Bewegung bzw. Fitness auf die exekutiven Funktionen wurde bereits von vielen WissenschaftlerInnen nachgewiesen (Kubesch & Walk, 2009; Engelhardt et al., 2010) und wird im folgenden Kapitel genauer behandelt.

2.4.1 Zusammenfassung

Anhand der beschriebenen Studien kann davon ausgegangen werden, dass es einen positiven Zusammenhang zwischen den exekutiven Funktionen und der schulischen Leistung von SchülerInnen gibt. Solange aber die genauen Wirkmechanismen und neurologischen Hintergründe nicht ausreichend erforscht und klar erklärbar sind, fehlt ein entscheidendes Argument, um diese Erkenntnisse völlig haltbar zu machen. Dieses Forschungsfeld ist also bei weitem noch nicht ausgeschöpft.

Beim Großteil der LehrerInnen herrscht zurzeit noch großes Unwissen über die zentrale Rolle der exekutiven Funktionen für Schule, Studium, Arbeitswelt und das alltägliche Leben. Dies liegt zum einen sicher an der bisher geringen Zahl an Publikationen zu diesem Thema und zum anderen daran, dass die Erkenntnisse den Weg in die Schulen nicht schaffen (Kubesch & Walk, 2009). Ziel der nächsten Jahre sollte es demnach sein verstärkt den Zugang der Lehrpersonen zu Informationen bezüglich exekutiver Funktionen zu erleichtern. Nur so kann erreicht werden, dass Überlegungen zu den Kontrollfunktionen auch Eingang in die Unterrichtsplanung von Lehrpersonen finden.

2.5 Wirkung körperlicher Aktivität

Zunächst assoziiert man mit der Wirkung von Bewegung und Sport auf unseren Körper häufig die mögliche Gewichtsreduktion und den Aufbau von Muskelmasse. Das Wissen über die gesundheitsfördernden Effekte von Bewegung ist heute bereits weit verbreitet und unbestritten. Eher unbekannt sind jedoch die Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf das persönliche Wohlbefinden und die kognitive Leistungsfähigkeit. Aufgrund der vielseitigen Wirkung von Bewegung wird sie heute auch als ergänzende Therapieform bei vielen Krankheiten wie Depression, Adipositas oder Demenz angewendet (Kubesch, 2014).

Viele Untersuchungen der letzten Jahrzehnte haben gezeigt, dass das Auftreten von weit verbreiteten „Zivilisationskrankheiten“ wie etwa Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder Diabetes durch mangelnde Bewegung unterstützt wird. Regelmäßiger Sport senkt das Risiko einer Erkrankung und verbessert den allgemeinen Gesundheitszustand der Bevölkerung (Mensink, 2003). Dabei wird nicht nur die körperliche Gesundheit gefördert, sondern auch das psychische Wohlbefinden. Es wurde festgestellt, dass körperlich fitte Menschen weniger depressive Symptome aufweisen als nicht fitte Menschen. Moderates Ausdauertraining erwies sich zur Steigerung des persönlichen Wohlbefindens als besonders effektiv. Mittlerweile wird körperliches Training auch in der Therapie von depressiven Patienten verwendet und zeigt sehr gute Ergebnisse. Verglichen mit medikamentöser Behandlung kann die Rückfallrate in die Depression durch aerobes Ausdauertraining deutlich gesenkt werden. Leider sind in der Literatur kaum Untersuchungen an psychisch gesunden Menschen bezüglich der steigernden Wirkung des Wohlbefindens zu finden (Stroth, 2009). Körperliche Aktivität präsentierte sich aber auch als wirksames Mittel, um dem Rückgang von Gehirnmasse und bestimmten Neurotransmittern vor allem im Alter entgegen zu wirken, was zu verbesserten kognitiven Funktionen führte (Stroth, 2009). So wird körperliche Fitness immer wieder mit einem geringeren Risiko zur Erkrankung an Demenz und Alzheimer in Verbindung gebracht (Laurin et. al., 2001). Bewegung dürfte demnach auch positive Wirkungen auf unser Gehirn und die dort lokalisierten Funktionen haben.

Für die Untersuchung dieser Arbeit sind besonders die Auswirkungen auf neuronale Strukturen und Neurotransmittersysteme von zentraler Bedeutung. In diesem Kapitel wird vor allem auf die bewegungsinduzierten Veränderungen im Gehirn und den dort

lokalisierten exekutiven Funktionen eingegangen. Es werden beispielhafte Untersuchungen beschrieben, wobei kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden kann.

2.5.1 Gehirn

Die Forschung zur Wirkung von körperlicher Aktivität im Bereich des Gehirns wurde erst in den letzten beiden Jahrzehnten fokussiert, wodurch viele Prozesse bis heute noch nicht eindeutig erklärbar sind.

2.5.1.1 Gehirnstoffwechsel

Bis in die 1980er Jahre ging man davon aus, dass keine Art muskulärer Beanspruchung die Gehirndurchblutung verändern könne. Mit neuen bildgebenden Verfahren konnte diese Fehlannahme widerlegt werden. So wurde mittlerweile in einigen voneinander unabhängigen Studien nachgewiesen, dass bei Bewegung die Gehirndurchblutung in den betreffenden Bereichen gesteigert wird (Hollmann & Strüder, 2000; Hollmann & Strüder, 2003; Kubesch, 2002; Stroth, 2009). Schon bei Belastungsintensitäten gemäß einem langsamen Spaziergang stieg die Durchblutung um bis zu 20%. Durch höhere Belastungen kann die Durchblutung weiter gesteigert werden, wobei kein linearer Zusammenhang besteht (Hollmann & Strüder, 2003). In welcher Beziehung die Durchblutungssteigerung mit den kognitiven Funktionen steht ist noch nicht gänzlich geklärt (Kubesch, 2002). Es wird vermutet, dass sie zum Abtransport zunehmend produzierter Stoffwechselprodukte dient (Hollmann & Strüder, 2000).

Körperliche Aktivität führt zu einer vermehrten Produktion von Endorphin, Serotonin, Noradrenalin und Dopamin, was neben positiven Effekten auf die exekutiven Funktionen auch die Stimmung positiv beeinflussen und die Schmerzempfindlichkeit senken kann (Hollmann & Strüder, 2000). Entscheidend dürfte auch die signifikante Zunahme des Wachstumsfaktors BDNF (brain derived neurotrophic factor) sein, welcher als Grundlage für eine erhöhte Neuroplastizität sowie Neurogenese im präfrontalen Cortex bzw. im Hippocampus dient und so zur Förderung von Kontrollprozessen beiträgt. Wichtige Fähigkeiten wie das Lernen und Gedächtnisleistungen hängen von der verfügbaren Menge von BDNF ab (Hollmann & Strüder, 2003).

Über diese Vielfalt an Neurotransmittern und Stoffwechselprodukten hat körperliche Bewegung Einfluss auf die Struktur sowie die Funktion des Gehirns (Hollmann & Strüder, 2003).

Darüberhinaus konnten einige Forschergruppen einen bewegungsinduzierten Ökonomisierungsprozess des menschlichen Gehirns nachweisen. Eine Studie mit Personen im Alter von 65 – 73 Jahren ergab, dass ein 1-jähriges aerobes dynamisches Training zu einer ökonomischeren Arbeitsweise des Gehirns führt. Bei denselben kognitiven Aufgaben wurden nach dem Training nur mehr kleinere Gehirnabschnitte aktiviert, wobei die Leistung gleich blieb (Hollmann & Strüder, 2000). Auch Stroth (2009) erkennt einen geringeren „Kraftaufwand“ des Gehirns bei körperlich fitten ProbandInnen. Es scheint, als würde durch Bewegung eine Umstrukturierung des Gehirns erfolgen, welche ein effizienteres Arbeiten des neuronalen Netzwerkes ermöglicht.

2.5.1.2 Neuroplastizität

Bereits während der Schwangerschaft beginnt der Fötus sich in der Gebärmutter zu bewegen. Zuerst sind es nur Zuckungen einzelner Gliedmaßen, bis das Baby circa ab der 33. Schwangerschaftswoche koordiniert Schlucken und Saugen kann. Man geht heute davon aus, dass die pränatalen Bewegungen von zentraler Bedeutung für die Entwicklung und Vernetzung des fötalen Nervensystems sind. Die körperliche Aktivität des Babys stimuliert das Gehirn zur Feinabstimmung der sich entwickelnden motorischen Schaltkreise (Eliot, 2003).

Später im Kindes-, Jugend- und Erwachsenenalter führt Bewegung immer noch zur Bildung von neuen synaptischen Verbindungen sowie zur Aufrechterhaltung bereits bestehender. Dazu wird eine tägliche Bewegungseinheit, bei der man „ins Schwitzen kommt“, empfohlen (Kubesch, 2014).

Die Anpassungsfähigkeit des Zentralnervensystems an äußere Reize wird als Neuroplastizität bezeichnet und bewirkt die Individualität jedes Gehirns. Diese äußerst bemerkenswerte Fähigkeit auf neue Bedürfnisse zu reagieren besteht das gesamte Leben lang, wobei die Anpassungsgeschwindigkeit mit dem Alter abnimmt. Die aktivitätsabhängige Neuroplastizität bildet die Grundlage dafür, dass körperliche Aktivität sowohl auf die Struktur als auch auf chemische Prozesse im Gehirn einwirken kann (Kubesch, 2014).

Der Wachstumsfaktor BDNF (brain derived neurotrophic factor) spielt bei der Neuroplastizität eine entscheidende Rolle. Er regt die Neuronen zur Bildung neuer Synapsen an und kann sogar zur Entstehung völlig neuer Nervenzellen beitragen. Genau diese neuronalen Veränderungen vollziehen sich auch, wenn wir lernen. Lernen bedeutet nichts anderes, als dass neue Verbindungen im Gehirn entstehen und so Informationen im Gedächtnis gespeichert werden. Körperliche Aktivität erhöht die Konzentration von BDNF im Hippocampus und unterstützt somit die Lernleistung positiv (Hagerman & Ratey, 2013).

Zu diesem Ergebnis kam auch eine amerikanische Studie, bei der im Zuge des Schulversuches „Zero Hour PE“ untersucht wurde, wie sich eine tägliche 1-stündige Sporteinheit vor Schulbeginn auf die SchülerInnen der Naperville Central Highschool auswirkt (Hagerman & Ratey, 2013). Die Ergebnisse sind beeindruckend. Sowohl beim Lesen als auch beim Auffassungsvermögen zeigen sich bereits nach einem halben Schuljahr deutliche Verbesserungen. Die SchülerInnen geben selbst an, den ganzen Tag über wacher und aufnahmebereiter zu sein. Ihr Konzentrationsvermögen und ihr persönliches Wohlbefinden werden gesteigert, sie sind weniger zappelig, fühlen sich motivierter und stärker (Hagerman & Ratey, 2013). Sport fördert demnach nicht nur den biologischen Lernprozess selbst, sondern schafft auch körperlich und geistig bessere Voraussetzungen dafür.

2.5.1.3 Neurogenese

Im Jahr 1998 machten Ann-Marie Alborn und ihre KollegInnen eine unerwartete Entdeckung. Das menschliche Gehirn ist nicht nur in der Lage seine Vernetzungen anzupassen, im Bereich des Hippocampus können sogar völlig neue Nervenzellen gebildet werden (= Neurogenese). Bis zu diesem Zeitpunkt ging die Wissenschaft davon aus, dass eine Neubildung von Neuronen nicht möglich ist und einmal verlorene Nervenzellen nicht wieder regeneriert werden können (Alborn et al., 1998).

Der Hippocampus spielt bei Lern- und Gedächtnisprozessen eine wichtige Rolle (vgl. 2.3.1 Präfrontaler Cortex). Die neugebildeten Neurone vernetzen sich mit den schon bestehenden Nervenzellen und ermöglichen so schnellere Lernprozesse und optimieren räumliche und episodische Gedächtnisleistungen (Kubesch, 2014). Die sportabhängige Neurogenese steht in enger Verbindung mit dem bereits diskutierten

Anstieg der Wachstumsfaktoren BDNF, IGF 1 (insulin growth factor 1) und FGF 2 (fibroblast growth factor 2) (Hollmann & Strüder, 2003).

Sportliche Aktivität regt das Neuronenwachstum im Hippocampus nachweislich an. Neuronale Stammzellen entwickeln sich zu neuronalen Vorläuferzellen, wandern an ihren vorgesehenen Standort und werden dort zu neuen funktionstüchtigen Nervenzellen. Diese Erkenntnisse geben dem Sport eine neue entscheidende Rolle bei der Förderung von kognitiven Funktionen (Kubesch, 2014).

2.5.2 Exekutive Funktionen

Man kann bei der Wirkung von körperlicher Aktivität auf die exekutiven Funktionen zwischen akuten und erst nach längerem Training über Wochen oder Monate sichtbaren Effekten unterscheiden. Die akuten Wirkungen sind schon während der Belastung oder kurz danach ersichtlich, während sich längerfristige Effekte meist erst durch eine gesteigerte körperliche Fitness einstellen (Kubesch, 2014).

Eine der wichtigsten Entwicklungen zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Bewegung und kognitiven Funktionen war die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT). Damit ist es möglich die Gehirnaktivität während der Durchführung von kognitiven Aufgaben darzustellen (Kubesch, 2014).

Im folgenden Abschnitt dieser Arbeit werden beispielhafte Untersuchungen zu den Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf die exekutiven Funktionen erläutert.

2.5.2.1 Effekte eines längerfristigen Trainings

Kubesch (2014) berichtet von einer Studie mit 8- bis 9-jährigen Kindern, welche über einen Zeitraum von 9 Monaten fünfmal wöchentlich an einem 70-minütigen Sportprogramm teilnahmen. Das spielerische Sportprogramm enthielt motorische Aufgaben und Kräftigungsübungen, wobei hauptsächlich die Steigerung der aeroben Leistungsfähigkeit erwünscht war. Bei den aktiven Kindern (Interventionsgruppe) ließ sich nach den neun Monaten ein Rückgang der neuronalen Aktivität des präfrontalen Cortex feststellen, was auf einen Ökonomisierungsprozess des Gehirns schließen lässt. Darüberhinaus verbesserten sich die sportlichen Kinder sowohl bei der Reaktionszeit als auch bei der Fehleranzahl in der inkongruenten Testbedingung einer Flanker-Aufgabe. Ihre Ergebnisse waren vergleichbar mit denen junger Erwachsener, welche

als Model für ein optimal ausgereiftes und funktionierendes Gehirn gelten. Inkongruente Flanker-Aufgaben erfordern ein hohes Maß an selektiver Aufmerksamkeit und Inhibitionsleistung, Fähigkeiten, die sich scheinbar durch mehrmonatiges aerobes Training bei Kindern sehr gut fördern lassen (Kubesch, 2014).

Allison et al. (2011) bestätigen diese positive Wirkung von aerobem Training bei Kindern auf die exekutiven Funktionen. Sie berichten von einer Untersuchung bei der Kinder zwischen 7 und 11 Jahren täglich 40 Minuten spielerisches Training absolvierten. Die Intervention erstreckte sich über 13 Wochen. Es konnten sowohl Verbesserungen der exekutiven Kontrolle als auch der mathematischen Leistungsfähigkeit gegenüber der Kontrollgruppe festgestellt werden.

Auch bei einem kürzeren Interventionszeitraum von nur 8 Wochen, in dem die ProbandInnen 5 mal pro Woche ein 30-minütiges aerobes Lauftraining absolvierten, konnten positive Effekte auf die kognitive Flexibilität festgestellt werden (Best, 2010). Zum selben Ergebnis kam Thomas Gualtieri und sein Forscherteam (2009). ProbandInnen, die 3-4 mal pro Woche bzw. 5-7 mal pro Woche körperlich aktiv waren, zeigten signifikant bessere Leistungen bei Aufgaben zur kognitiven Flexibilität. Gleichzeitig wiesen die Ergebnisse darauf hin, dass das Ausmaß eine wichtige Rolle spielt. Je öfter sich die ProbandInnen bewegten, desto größer war der positive Effekt auf die exekutive Leistungsfähigkeit.

Während die Wirkung von aerobem Ausdauertraining mittlerweile durch viele Studien belegt wird, scheint Krafttraining keine Auswirkungen auf die exekutive Leistungsfähigkeit zu haben (Diamond & Lee, 2014).

Einige Autoren nennen die körperliche Fitness als entscheidenden Faktor für die exekutive Leistungsfähigkeit, welche nur über ein langes und regelmäßiges Training verbessert werden kann (Kubesch & Walk, 2009; Engelhardt et al., 2010). So konnte gezeigt werden, dass das Risiko an Alzheimer zu erkranken bei Männern mit steigender täglicher Gehstrecke abnimmt und zusätzlich die kognitive Leistungsfähigkeit zunimmt (Engelhardt et al., 2010 zit. nach Abbot et al., 2004). Diese Studie zeigt, dass auch das Ausmaß der körperlichen Bewegung ausschlaggebend ist. Larson et al. (2006) konnten im Zuge einer Untersuchung feststellen, dass ProbandInnen, die weniger als 3x pro Woche trainierten, ein höheres Risiko hatten an Alzheimer zu erkranken (Engelhardt et al., 2010 zit. nach Larson et al., 2006).

Donnelly & Lambourne (2011) konnten in ihrer Studie nachweisen, dass die körperliche Verfassung bereits bei SchülerInnen enorm wichtig ist. Die Ergebnisse zeigten, dass umso besser die kardiovaskuläre Fitness einer SchülerIn war, umso erfolgreicher absolvierte er/sie den eingesetzten Aufmerksamkeitstests. Darüberhinaus scheint es auch einen Zusammenhang zwischen koordinativer Fitness und der Konzentrationsfähigkeit von SchülerInnen zu geben. Dies zeigen zumindest Daten einer Untersuchung von Bjarnason-Wehrens et al. (2003). Aus ihnen geht hervor, dass sich koordinativ leistungsfähigere SchülerInnen besser konzentrieren können. Außerdem soll auch das Arbeitsgedächtnis sowie die Inhibition von guten koordinativen Fähigkeiten profitieren (Kane et al., 2012).

Ein Hinweis auf längerfristige Auswirkungen auf die Kontrollfunktionen durch kurze Bewegungsprogramme im Kontext des Unterrichts lässt sich in der Literatur nicht finden. Die Forschung im Bereich der schul-basierten Förderung der exekutiven Leistungsfähigkeit steht noch am Anfang und daher gibt es noch kaum Publikationen in diesem Themengebiet. Der Unterricht bzw. die Pausen als vielversprechende Möglichkeiten zur Unterstützung der kognitiven Kontrollprozesse von SchülerInnen rückten erst in den letzten Jahren ins Blickfeld der Wissenschaft und man kann gespannt sein, welche Erkenntnisse sich zukünftig daraus gewinnen lassen.

2.5.2.2 Akute Belastungseffekte

Neben den Effekten von regelmäßigem Training, welche sich oft erst nach Wochen oder Monaten einstellen, gibt es auch Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf die exekutive Kontrolle, die sofort sichtbar und damit auch nachweisbar werden.

So zeigen sich beispielsweise nach einer einmaligen 20-minütigen Yoga-Einheit und nach einer 10-minütigen koordinativen Bewegungsübung positive Effekte auf die exekutive Leistungsfähigkeit, vor allem auf die Inhibitionsleistung (Kubesch, 2014). Auch Castelli et al. (2009) konnten in ihrer Studie signifikante Auswirkungen einer 20-minütigen Walking-Einheit auf die kognitive Kontrolle von 9- bis 10-jährigen Kindern feststellen. Im Zuge einer Flanker-Aufgabe wiesen die aktiven Kinder besonders bei den inkongruenten Bedingungen eine höhere Antwortgenauigkeit auf, was eine Steigerung der Inhibitionsleistung sichtbar macht. Darüberhinaus wurde auch ein positiver Zusammenhang zwischen akuter Bewegung und der schulischen Leistungsfähigkeit, vor allem der Leseleistung, gefunden (Castelli et al., 2009). Brown et al.

(2011) bestätigen eine Verbesserung der Inhibition bei einer Flanker-Aufgabe nach einer 20-minütigen aeroben Radfahr-Einheit.

Neben der Inhibition gibt es auch Nachweise dafür, dass sich körperliche Bewegung akut auf die Leistungsfähigkeit des Arbeitsgedächtnisses positiv auswirkt (Hale et al., 2011).

Sogar kürzere Bewegungseinheiten von nur 10 Minuten zeigen laut Lambourne et al. (2011) bereits positive Wirkungen auf die exekutive Leistungsfähigkeit von SchülerInnen, vor allem wenn die Intervention koordinativ anspruchsvoll gestaltet wird. Unterstützt wird dieses Ergebnis durch eine Studie von Budde et al. (2008). Er und seine KollegInnen führten mit SchülerInnen zwischen 13 und 16 Jahren ein 10-minütiges koordinatives Bewegungsprogramm durch und stellten eine Verbesserung bei der Konzentrations- und Aufmerksamkeitsleistung der Jugendlichen fest.

Es existieren bereits einige wenige Versuche kurze Bewegungseinheiten in den Schulalltag zu integrieren. In einer zweiten Klasse der „elementary school“ (vergleichbar mit der Volksschule) auf Hawaii etablierte ein Lehrer eine 4x wöchentliche 5-minütige Walking-Einheit. Die SchülerInnen wurden dazu aufgefordert sich eine Stunde nach dem Mittagessen für 5 Minuten gehend zu bewegen. Im Anschluss daran absolvierten sie einen mathematischen Leistungstest, bei dem sie in einer Minute so viele Aufgaben wie möglich lösen sollten. Danach folgte normaler Mathematikunterricht. Neben Verbesserungen im Verhalten der SchülerInnen, konnte die Lehrperson auch feststellen, dass sie nach der kurzen körperlichen Aktivität den Test durchschnittlich besser durchführten, also mehr Aufgaben lösen konnten. Außerdem arbeiteten die SchülerInnen viel effizienter und konzentrierter, wodurch der Unterrichtsinhalt in kürzerer Zeit erledigt werden konnte (Maeda & Randall, 2003). Die mathematische Leistungsfähigkeit unter Zeitdruck wird stark mit den Fähigkeiten seine Aufmerksamkeit zu fokussieren und Störreize auszublenden (=Inhibition) sowie die Aufmerksamkeit schnell von einer Aufgabe zur nächsten zu lenken (=kognitive Flexibilität) in Verbindung gebracht (Maeda & Randall, 2003). Diese Untersuchung lässt darauf schließen, dass schon Bewegungsinterventionen von nur 5 Minuten einen Einfluss auf das Gehirn und die dort lokalisierten exekutiven Funktionen haben.

2.5.3 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich körperliche Aktivität auf eine vielfältige und komplexe Weise auf unseren Körper, unsere Gesundheit, unser Wohlbefinden sowie auf unser Gehirn und die dort beheimateten kognitiven Funktionen auswirkt.

Die mittlerweile zahlreichen Studien lassen drauf schließen, dass es tatsächlich einen positiven Zusammenhang zwischen körperlicher Bewegung und den exekutiven Funktionen gibt. An dieser Stelle soll aber erwähnt sein, dass es natürlich auch Untersuchungen gibt, die keinen Hinweis auf positive Effekte von Sport finden konnten. Bennett et al. (2008) analysierten beispielsweise den Lebensstil von 327 ProbandInnen und konnten dabei keine signifikant positive Auswirkung von körperlicher Aktivität auf die kognitiven Funktionen und das Risiko an Alzheimer oder Demenz zu erkranken nachweisen. Auch Kasagi et al. (2003) lassen die Verbindung von Bewegung und kognitiven Funktionen mit ihrer Studie zweifelhaft erscheinen.

Gründe für die heterogenen Ergebnisse der Studien könnten stark variierende Zielsetzungen, die unterschiedliche Auswahl der ProbandInnen, die Testverfahren und die Unterschiede bei den Trainingsinterventionen sein (Engelhardt et al., 2010). Außerdem scheint der Zeitpunkt der Testungen für die Ergebnisse eine wichtige Rolle zu spielen. So lassen sich direkt im Anschluss an eine bewegte Intervention meist nur negative oder keine Effekte auf die exekutiven Funktionen feststellen. Erst nach etwa 11-20 Minuten sind die stärksten positiven Auswirkungen messbar, während danach die Wirkung langsam wieder abnimmt (Chang et al., 2012). Diese Erkenntnis könnte auch so manche Diskrepanz zwischen Studienergebnissen erklären.

Eine wichtige Argumentationsgrundlage für die positive Wirkung von körperlicher Aktivität auf die exekutiven Funktionen wäre die exakte biologische bzw. neurologische Erklärung der Wirkmechanismen. Obwohl mittlerweile viele bewegungsinduzierte Veränderungen und Anpassungen des Gehirns bekannt und erforscht sind, fehlt dennoch auch heute das Wissen über die genauen Wirkungsweisen der verschiedenen Interventionen und somit die Begründung für die Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf kognitive Funktionen. Kubesch (2007) nennt als mögliche Ursache die vermehrte Serotonin- und Dopaminsynthese, welche beim Betreiben von Sport nachgewiesen werden konnte. Aber auch sie räumt ein, dass eine genauere Erklärung zur Wirkung leider noch nicht möglich ist.

Das Forschungsfeld rund um Bewegung & exekutive Funktionen scheint also noch lange nicht ausgeschöpft und wird zukünftig bestimmt noch viele Erkenntnisse hervorbringen, welche dann hoffentlich auch Einzug in das Schul- und Unterrichtswesen finden. Für die gezielte Förderung von SchülerInnen wäre dies auf jeden Fall ein wünschenswerter Prozess.

3 Untersuchung

3.1 Projekt „Kurzturnen“

Das Projekt „Kurzturnen in der Sekundarstufe II“ wurde von den beiden Initiatorinnen Daniela Pliem und Mag. Andrea Eckerl-Braz BEd ins Leben gerufen. Ihre Idee war es drei Videos zu gestalten, welche den SchülerInnen die Möglichkeit geben sich innerhalb des Unterrichts zu bewegen, sich wieder zu motivieren und Spaß miteinander zu haben. Das Projekt wurde dem Landesschulrat Salzburg vorgestellt und dieser willigte ein dieses Konzept zu unterstützen.

So entstanden schließlich drei fünf-minütige Kurzturnvideos, welche leicht und unkompliziert im Unterricht eingesetzt werden können. Die Übungen werden von SchülerInnen vorgezeigt, um sie möglichst nachvollziehbar und authentisch zu machen. Zusätzlich erklären eingeblendete Kurzanweisungen die Übungen. Darüberhinaus sind die Videos mit ansprechender und motivierender Musik hinterlegt. Die Programme können entweder über den Schulserver oder direkt über eine CD abgespielt und mithilfe eines Beamerprojiziert werden (Eckerl-Braz & Pliem, o.A.).

Den beiden Projektleiterinnen war es wichtig funktionale Übungen mit ausgewogenem Schwierigkeitsgrad zu wählen, welche dennoch einfach im Klassenzimmer durchgeführt werden können. Mit den Kurzturnprogrammen verfolgen sie die folgenden Ziele (Eckerl-Braz & Pliem, o.A.):

- Aktivierung des Herzkreislaufsystems
- Verbesserung der Koordination
- Kräftigung der Haltemuskulatur
- Lockerung und Dehnung der verspannten Muskulatur
- Motivation

Die drei Kurzturnvideos enthalten verschiedene Kräftigungs-, Koordinations- und aktive Dehnungsübungen, wobei auf eine ausgewogene Aufteilung geachtet wurde. Die Intensität der Bewegungsprogramme liegt im leichten aeroben Bereich (Eckerl-Braz & Pliem, o.A.)

Die Kurzturnvideos wurden im Schuljahr 2013/14 erstmals an vier Salzburger HTLs eingesetzt.

3.2 Fragestellung und Hypothesen

Die Fragestellung dieser Untersuchung lautet:

„Welche Auswirkungen hat ein 5-minütiges Bewegungsprogramm auf die exekutiven Funktionen von SchülerInnen?“

Folgende Hypothesen werden dazu überprüft:

H1: SchülerInnen, die regelmäßig ein 5-minütiges Bewegungsprogramm durchführen, weisen besser ausgeprägte exekutive Funktionen auf.

H0: SchülerInnen, die regelmäßig ein 5-minütiges Bewegungsprogramm durchführen, weisen keine besser ausgeprägten exekutiven Funktionen auf.

H2: Eine 5-minütige Bewegungseinheit führt zu einer akuten Steigerung der exekutiven Leistungsfähigkeit bei SchülerInnen.

H0₂: Eine 5-minütige Bewegungseinheit führt zu keiner akuten Steigerung der exekutiven Leistungsfähigkeit bei SchülerInnen.

3.3 Methodik

Die empirische Untersuchung rund um das Thema „Bewegung & Exekutive Funktionen“ führten meine Studienkollegen Florian Mayr, Daniel Hötzeneder und ich gemeinsam durch. Sie verwenden einen Teil der Daten im Zuge ihrer Seminararbeit für die Lehrveranstaltung „Seminar Sportpädagogik“.

3.3.1 Testzeitraum

Die Vortestungen fanden in allen Klassen zwischen 24.3. und 27.3.2015 statt. Danach folgten die Osterferien.

Tab 1 Zeitlicher Überblick der Vortestungen

Schule	Klasse	Datum	Zeitraum
HTL Kuchl	3B	25.3.2015	10:30 – 11:00
	3A	25.3.2015	11:45 – 12:15
HTL Salzburg	4B	24.3.2015	9:45 – 10:30
	4A	27.3.2015	12:30 – 13:15

Nach den Osterferien wurde mit den Eingangstestungen fortgefahren, welche zwischen 8.4. und 14.4.2015 stattfanden.

Tab 2 Zeitlicher Überblick der Eingangstestungen

Schule	Klasse	Datum	Zeitraum
HTL Kuchl	3B	08.04.2015	9:45 – 11:30
	3A	08.04.2015	14:15 – 16:05
HTL Salzburg	4B	14.04.2015	10:10 – 11:30
	4A	10.04.2015	12:30 – 13:20

Die Ausgangstestungen fanden schließlich zwischen 29.5. und 3.6.2015 statt.

Tab 3 Zeitlicher Überblick der Ausgangstestungen

Schule	Klasse	Datum	Zeitraum
HTL Kuchl	3B	03.06.2015	9:45 – 11:30
	3A	03.06.2015	14:15 – 16:05
HTL Salzburg	4B	02.06.2015	10:10 – 11:30
	4A	29.05.2015	12:30 – 13:20

Somit ergeben sich die in Tab 4 dargestellten Untersuchungszeiträume für die jeweiligen Klassen. In den Versuchsklassen (VG) 3A (HTL Kuchl) und 4B (HTL Salzburg)

wurde in diesem Zeitraum 3x pro Woche eines der Kurzturnprogramme durchgeführt. Die Kontrollklassen (KG) wurden unverändert unterrichtet.

Tab 4 Untersuchungszeiträume

Schule	Klasse	Gruppe	Zeitraum
HTL Kuchl	3B	KG	57 Tage
	3A	VG	57 Tage
HTL Salzburg	4B	VG	50 Tage
	4A	KG	50 Tage

3.3.2 Stichprobenbeschreibung

Die HTL Kuchl und die HTL Salzburg stellten jeweils zwei Klassen (eine Kontrollgruppe und eine Versuchsgruppe) für die Untersuchung zur Verfügung.

Für die Auswertung wurden nur die Daten jener Versuchspersonen verwendet, welche auch beim Vortest anwesend waren, da sonst eine Verfälschung aufgrund eines Lernerfolges angenommen werden muss. Zusätzlich wurden Datensätze ausgeschlossen, bei welchen in einer Testkondition acht oder mehr Fehler verzeichnet wurden. Dabei wurde nur der Eingangs- und der Ausgangstest betrachtet. Bei einer derart hohen Fehleranzahl kann davon ausgegangen werden, dass die Aufgabe nicht richtig verstanden wurde und die Daten die Ergebnisse verfälschen würden. Die Tab 5 gibt einen Überblick zur Stichprobe, welche schließlich auch als Grundlage für die Berechnungen diente.

Tab 5 Untersuchungsdesign

Schule	Klasse	Gesamt N =	Versuchsgruppe N =	Kontrollgruppe N =
HTL Kuchl	3B	29	0	29
	3A	26	26	0
HTL Salzburg	4A	17	0	17
	4B	20	20	0
Gesamt		92	46	46
Alter (MW ± SD)		17,45 ± 1,28	17,47 ± 0,98	17,42 ± 1,53
Geschlecht	weiblich	5	2	3
	männlich	87	44	43

3.3.3 Testdurchführung

Die Untersuchung gliedert sich in drei Testzeitpunkte:

1. Vortest
2. Eingangstestung
3. Ausgangstestung

Der Vortest dient ausschließlich dazu, dass die SchülerInnen das Testverfahren kennen lernen und so ein Lerneffekt bei den späteren Testzeitpunkten möglichst ausgeschlossen werden kann. Außerdem werden bei diesem Test einige relevante Zusatzinformationen (Geschlecht, Alter, sportliche Aktivität im Verein & Freizeit, Note in Bewegung & Sport, sportliche Einschätzung im Vergleich zu den MitschülerInnen) abgefragt (siehe Anhang). Alle Vortestungen wurden am Beginn der Unterrichtseinheiten durchgeführt.

Bei den Eingangs- und Ausgangstestungen wurde in den Versuchsklassen nach folgendem Design gearbeitet:

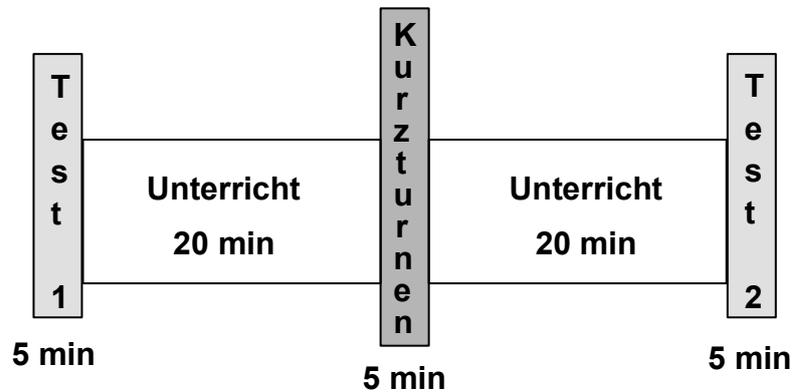


Abb 4 Durchführungsschema

In den Kontrollklassen wurden die Untersuchungen nach dem gleichen Schema durchgeführt, mit Ausnahme des Kurzturnens. Dieses wurde einfach ausgelassen. Dadurch entsteht zwischen der 1. und der 2. Testung ein etwa 40-minütiger Unterrichtsblock.

Zwischen der Eingangs- und der Ausgangstestung liegen 7 bis 8 Wochen, in denen die Intervention stattfand. Die Versuchsklassen (3A und 4B) führten in diesem Zeitraum 3x pro Woche eines der Kurzturnprogramme (siehe Kap. 3.1 „Projekt Kurzturnen“) während des Unterrichts durch. Die Kontrollklassen genossen ganz normalen Unterricht ohne Intervention.

3.3.4 Testmaterialien

3.3.4.1 Flanker Test

Der Flanker Test geht zurück auf Eriksen, B.A. & Eriksen C.W. (1974), welche diese Art von Aufgaben erstmals beschrieben haben.

Ziel ihrer damaligen Untersuchung war es die visuelle Informationsverarbeitung zu erforschen und herauszufinden, wie sich die Reaktion auf einen Zielreiz verändert, wenn dieser von störenden Stimuli umgeben ist. Als Zielreiz wurden Buchstaben

verwendet. Die Versuchspersonen wurden aufgefordert bei *H* und *K* die rechte Pfeiltaste zu drücken, bei *S* und *C* die linke Pfeiltaste (Eriksen & Eriksen, 1974).

Sie konnten zeigen, dass störende Reize die Zeit bis zur Reaktion auf den Zielreiz immer erhöhen, selbst wenn die störenden Stimuli die selbe Antwort hervorrufen (z.B. KKK **H** KKK) und sogar wenn sie den gleichen Buchstaben darstellen (z.B. HHH **H** HHH). Zwei weitere Faktoren stehen in engem Zusammenhang mit der Reaktionszeit. Zum einen der räumliche Abstand zwischen Zielreiz und Störreizen. Je kleiner der Abstand zwischen den Reizen, desto länger war die Reaktionszeit. Dies wird darauf zurückgeführt, dass der Prozess zur Differenzierung der Reize mehr Zeit beansprucht, wenn die räumliche Trennung sehr gering ist. Zum anderen wurde die Reaktionszeit erheblich verlängert, wenn die Störreize eine andere Antwort als der Zielreiz hervorriefen (z.B. SSS **H** SSS) (Eriksen & Eriksen, 1974).

Drei Erkenntnisse gehen daraus hervor. Erstens, die selektive Aufmerksamkeit ist nicht dazu fähig fremde Stimuli völlig auszublenden. Sobald störende Reize vorhanden sind, wird die Reaktionszeit auf den Zielreiz erhöht (Eriksen & Eriksen, 1974). Zweitens, die räumliche Nähe der fremden Stimuli zum Zielreiz hat einen nicht linearen Effekt auf die Reaktionszeit. Abstände bis $0,5^\circ$ abweichend vom Blickwinkel erzielen einen viel größeren Einfluss, als welche, die noch weiter entfernt stehen. Tatsächlich verändern Abstandsänderungen außerhalb von 1° abweichend vom Blickwinkel die Reaktionszeit kaum noch. Drittens, der Effekt der Störreize wirkt hauptsächlich auf das System zur Antwortfindung und nicht auf das Wahrnehmungs- und Verarbeitungssystem der visuellen Reize. Bei inkongruenten Fremdreizen, welche eine andere Antwort hervorrufen als der Zielreiz, ist die Erhöhung der Reaktionszeit wesentlich höher als bei kongruenten Reizen (Eriksen, 1995; Eriksen & Eriksen, 1974).

Alle visuellen Reize, hier Buchstaben, werden wahrgenommen und verarbeitet, so dass schließlich mehrere Antwortmöglichkeiten parallel zur Verfügung stehen. Es bedarf eines Prozesses von Selektivität und Inhibition, um die gewünschte Antwort auf den Zielreiz auszuwählen. Dieser zusätzliche Verarbeitungsschritt begründet die längere Reaktionszeit beim Auftreten von störenden Stimuli (Eriksen & Eriksen, 1974).

Der Literatur ist zu entnehmen, dass sich der Flanker-Test gut dafür eignet, die Leistung von Inhibition und Arbeitsgedächtnis sowie die selektive Aufmerksamkeit zu

überprüfen (Eriksen & Eriksen, 1974; Eriksen, 1995), welche zentrale Bereiche der exekutiven Funktionen darstellen.

Bei der vorliegenden Untersuchung wurden Kreise als Zielreize verwendet, welche immer auf derselben Position des Displays erschienen. Zusätzlich markierte ein Fixationskreuz den Erscheinungsort schon einige Millisekunden zuvor. Die Kreise waren entweder nach rechts oder nach links geöffnet. War der Kreis nach rechts geöffnet, so sollte mit der Taste *M* reagiert werden, war er nach links geöffnet mit der Taste *C*. Die beiden Antworttasten waren mit farbigen Punkten markiert. Der Zielreiz wurde entweder alleine angezeigt oder aber umgeben von Störreizen (rechts, links, oben und unten) auf die nicht reagiert werden sollte. Ausschließlich der Zielreiz sollte als Entscheidungsgrundlage für die Antwort dienen. Folgende Aufgabentypen wurden bei dieser Untersuchung unterschieden.

1. kongruent einzeilig (z.B. **CCGCC**)

2. kongruent mehrzeilig (z.B. **CCCC
CCGCC
CCCC**)

3. inkongruent einzeilig (z.B. **CCGCC**)

4. inkongruent mehrzeilig (z.B. **CCCC
CCGCC
CCCC**)

5. neutral (z.B. **C**)

Der gesamte Flanker-Test mit allen verwendeten Aufgaben befindet sich im Anhang. Der hier verwendete Flanker-Test wurde mittels Powerpoint - Folien erstellt. Die Reize wurden möglichst nah aneinander gesetzt, wodurch der Störeffekt erhöht wird.

3.3.4.2 Fragebogen „Persönliche Angaben“

Im Zuge der Vortestung wurden die SchülerInnen dazu aufgefordert einen Fragebogen zu einigen ihrer persönlichen Daten auszufüllen. Dabei wurden neben Alter und Geschlecht auch die wöchentliche sportliche Aktivität im Verein und in der Freizeit, ihre Note im Fach „Bewegung & Sport“ sowie eine Einschätzung ihrer Sportlichkeit im Vergleich zu MitschülerInnen abgefragt. Die Daten dienen dazu einen möglichen Einfluss von außerschulischen Faktoren auf die exekutiven Funktionen festzustellen.

Die wöchentliche Sportaktivität sowie die Sportnote und ihre vergleichende Einschätzung lassen Rückschlüsse auf die Fitness der SchülerInnen zu, welche laut Kubesch & Walk (2009), Engelhardt et al. (2010) sowie Donnelly & Lambourne (2011) einen großen Einfluss auf die Kontrollfunktionen hat. Mithilfe der Daten lässt sich ermitteln, ob zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe Unterschiede hinsichtlich dieser Faktoren bestehen, welche die Ergebnisse der Untersuchung verfälschen könnten.

3.3.4.3 Fragebogen zum „Kurzturnen“

Bei der letzten Testung füllten alle SchülerInnen der Versuchsgruppen einen Fragebogen rund um das Kurzturnen aus. Neben den objektiven Testergebnissen kann so auch das subjektive Empfinden zu verschiedenen Aspekten des Kurzturnens erfragt werden.

Der Fragebogen enthielt folgende Aussagen, welche die SchülerInnen mit „trifft zu“, „trifft eher zu“, „trifft eher nicht zu“ oder „trifft nicht zu“ bewerten mussten:

1. Das Kurzturnen hat meine Aufmerksamkeit im Unterricht gestört.
2. Mir hat das Kurzturnen einfach Spaß gemacht.
3. Ich habe beim Kurzturnen mitgemacht, weil die Mitschülerinnen und Mitschüler auch mitgemacht haben.
4. Ich habe beim Kurzturnen mitgemacht, weil ich sonst ein schlechtes Gewissen gehabt hätte, mir es unangenehm gewesen wäre nicht mitzumachen.
5. Nach dem Kurzturnen fiel es mir leichter dem Unterricht zu folgen.
6. Ich habe beim Kurzturnen mitgemacht, weil es gut für mich ist.
7. Nach dem Kurzturnen fühlte ich mich müde und wenig aufnahmefähig.
8. Ich habe nur mitgemacht, weil ich musste.
9. Ich habe die Übungen aufmerksam und genau ausgeführt.
10. Ich habe beim Kurzturnen nicht mitgemacht.
11. Ich habe immer aktiv und engagiert mitgemacht.

Mit diesem Fragebogen sollen vornehmlich drei Fragen geklärt werden. Welche subjektiv wahrgenommenen Auswirkungen hatte das Kurzturnen auf die SchülerInnen? Wie aktiv haben sie sich am Kurzturnen beteiligt? Welche Motivation ließ sie am Kurzturnen teilnehmen?

Der Grad an aktiver Beteiligung der SchülerInnen ist für die Testergebnisse von großer Bedeutung. Umso sorgfältiger und engagierter die Übungen der Kurzturnprogramme ausgeführt werden, umso wahrscheinlicher ist eine Auswirkung auf die exekutiven Funktionen, vor allem auch aufgrund der kurzen Dauer von nur fünf Minuten.

Die Frage nach der Motivation für die Teilnahme an den Kurzturnprogrammen ist insofern entscheidend, da laut Kubesch (2002) vor allem freiwillige körperliche Aktivität die Kontrollfunktionen positiv beeinflussen kann. Bei Personen, die unfreiwillig Sport betreiben müssen, kann es aufgrund der Produktion von Stresshormonen sogar zu einer negativen Beeinflussung der exekutiven Funktionen kommen.

3.3.5 Durchführungsprotokolle

Vortestungen

Alle Vortestungen verliefen gut und ohne grobe Probleme.

Allgemeiner Ablauf:

- Kurze Vorstellung der VersuchsleiterInnen und einige Worte zum Hintergrund der Testungen
- Erklärung des Flanker-Tests und Beantwortung von Fragen
- Durchführung des Vortestes (in 2 oder 3 Durchgängen je nach Klassengröße)
- Abbau der Laptops und kurze Verabschiedung

Eingangstestung – Holztechnikum Kuchl

Die Klasse 3B war in den beiden Einheiten unserer Testung aufgeteilt. Eine Gruppe wurde im Fach Englisch unterrichtet, die andere im Fach EDV. Bei der Englisch-Gruppe führte ich die Testungen durch, die anderen SchülerInnen übernahm mein Kollege Daniel Hötzeneder.

Klasse 3B (Gruppe Englisch) am 08.04.2015

- 9:45 Stundenbeginn.
- 9:45 – 10:01 Vorbereiten der Laptops. Die Laptops wurden ganz hinten in der Klasse nebeneinander auf Tischen aufgebaut. Währenddessen klärt die Lehrperson einige organisatorische Dinge mit den SchülerInnen.
- 10:02 – 10:10 Durchführung 1. Testung. Aufgrund des Vortestes waren keine Instruktionen meinerseits mehr notwendig. Die SchülerInnen hatten keine Fragen. Die Testung musste in 3 Durchgängen ausgeführt werden, da dieser Teil der Klasse aus 18 SchülerInnen bestand und nur 8 Laptops zur Verfügung standen. Alle SchülerInnen saßen auf Sesseln bei der Bearbeitung des Flanker-Testes. Während der Testungen unterhielten sich die gerade nicht beschäftigten SchülerInnen leise. Die Testung verlief problemlos.
- 10:10 – 10:55 Unterricht im Fach Englisch. Die ersten 20 Minuten wurden dazu verwendet, um die letzte Schularbeit zurückzugeben und diese zu besprechen. Im Anschluss eröffnete die Lehrperson eine Diskussion zum Thema „Politik“, bei der die SchülerInnen stark einbezogen waren. Dieser Teil des Unterrichts machte auf mich einen sehr interaktiven Eindruck. Die letzten 10 Minuten arbeiteten die SchülerInnen selbstständig im Buch.
- 10:56 – 11:04 Durchführung 2. Testung. Wieder gab es keine Instruktionen, aber auch keine Fragen seitens der Schüler. Die Testung wurde erneut in 3 Durchgängen und sitzend ausgeführt. Es herrschte wie auch bei der ersten Testung ein leichter Lärmpegel. Ansonsten verlief die Testung ohne Probleme.
- Sonstige Anmerkungen In der Klasse herrschte eine sehr angenehme mittlere Temperatur. Die SchülerInnen machten einen sehr disziplinierten Eindruck. Während des Regelunterrichts bin ich im hinteren Teil der Klasse verblieben, habe die Laptops versorgt und den Unterricht beobachtet.

Klasse 3B (Gruppe Informatik) am 08.04.2015

- 9:45 Stundenbeginn
- 9:45 – 9:58 Vorbereitung der Laptops. Die Lehrperson arbeitet am PC, die SchülerInnen beschäftigen sich zum Großteil im Internet.
- 9:59 – 10:08 Durchführung 1. Testung. Aufgrund der großen Schülerzahl waren 2 Durchgänge nötig. Es traten keine Probleme auf. 1 Schüler war bei der Vortestung nicht anwesend und hatte daher große Schwierigkeiten beim Test.
- 10:09 – 11:16 Informatik-Unterricht. Hauptsächlich frontaler Unterrichtsstil, wobei der Lehrer mittels Beamer Arbeitsschritte vorzeigt und die SchülerInnen diese auf ihren PCs nachahmen sollen. Vor allem die SchülerInnen der hinteren Reihen beschäftigen sich teilweise mit anderen Dingen (Internet, Spiele, etc.).
- 11:17 – 11:27 Durchführung 2. Testung. Ablauf wie bei der ersten Testung. Lärmpegel war etwas erhöht, da die SchülerInnen anschließend frei hatten. Ansonsten verlief die Testung problemlos.
- Sonstige Anmerkungen In der Klasse herrschte eine angenehme Temperatur. Während des Regelunterrichts saß mein Kollege (Daniel Hötzeneder) im hinteren Teil der Klasse und beobachtete das Unterrichtsgeschehen.

Klasse 3A am 08.04.2015

- 14:15 Stundenbeginn
- 14:15 – 14:35 Vorbereitung der Laptops in einer leerstehenden Nebenklasse, da in der Klasse selbst zu wenig Platz war, um die Laptops so aufzubauen, dass sie während des Unterrichts nicht gestört hätten. Die Geräte wurden nebeneinander auf Tischen aufgebaut.
- 14:36 - 14:45 Durchführung 1. Testung. Bei dieser Klasse waren 2 Durchgänge nötig. Die Gruppen kamen nacheinander in die Nebenklasse. Ich gab keine Instruktionen und es gab auch keine Fragen von den

SchülerInnen. Während der Testausführung war es sehr leise.

- 14:46 – 15:05 Unterricht zum Thema „Holz“. Der Lehrer gestaltete den Unterricht eher frontal, wobei er ab und zu Fragen an die SchülerInnen stellte und sie einige Sätze ins Heft notieren ließ. Die SchülerInnen waren sehr diszipliniert und ruhig.
- 15:06 – 15:11 Kurzturnen. Das Kurzturnprogramm wurde über einen Beamer präsentiert. Da die Klasse mit dem Kurzturnen schon von vorigen Semestern vertraut war, bedurfte es keiner Anleitung oder Erklärung mehr. Alle SchülerInnen beteiligten sich aktiv. Es wurde geredet und gelacht, wodurch der Lärmpegel anstieg.
- 15:12 – 15:30 Fortsetzung des Unterrichts zum Thema „Holz“ in der gleichen Art und Weise wie schon oben beschrieben.
- 15:31 – 15:40 Durchführung 2. Testung. Der Ablauf gestaltete sich wie bei der ersten Testung. Es gab keine Auffälligkeiten während des Testablaufes.
- Sonstige Anmerkungen In der Klasse herrschte eine sehr angenehme mittlere Temperatur. Während der Unterrichtsblöcke saß ich hinten als Beobachterin in der Klasse.

Eingangstestung - HTL Salzburg

Klasse 4A am 10.04.2015

- 12:20 – 12:30 Vorbereitung der Laptops. Es war uns möglich schon vor Unterrichtsbeginn in die Klasse zu gehen und die Laptops aufzubauen. Die Geräte wurden in der ersten Tischreihe nebeneinander aufgebaut.
- 12:30 Stundenbeginn
- 12:30 – 12:36 Durchführung 1. Testung. Es wurden 2 Durchgänge benötigt. Die Testungen wurden sitzend ausgeführt und es wurde im Hintergrund meistens leise geredet. Es gab keine Instruktionen und keine Unklarheiten seitens der SchülerInnen. Die SchülerInnen wirkten sehr

auf den Test fokussiert.

- 12:37 – 13:14 Unterricht im Fach „Geschichte & politische Bildung“ zum Thema „2.Republik“. Die ersten 10 Minuten wurden für die Organisation eines Ausfluges genutzt. Anschließend wurde das Stoffgebiet der letzten Einheiten wiederholt, wobei jede/r SchülerIn sich beteiligen musste. In den letzten 10 Minuten wurde ein Film zur „Entnazifizierung“ gezeigt.
- 13:15 – 13:21 Durchführung 2. Testung. Der Ablauf gestaltete sich so wie bei der ersten Testung. Der Lärmpegel war etwas lauter, da mehr geredet und zusammengepackt wurde, was vermutlich daran lag, dass es die letzte Einheit an diesem Tag für die SchülerInnen war. Ansonsten gab es keine Probleme bei der Testdurchführung.
- Sonstige Anmerkungen In der Klasse herrschte eine angenehme mittlere Temperatur. Während des Unterrichts saßen wir zu zweit als Beobachter hinten in der Klasse.

Klasse 4B am 14.04.2015

- 10:05 Stundenbeginn
- 10:05 – 10:11 Vorbereitung der Laptops. Die Geräte wurden in der ersten Tischreihe nebeneinander aufgebaut.
- 10:12 – 10:19 Durchführung 1. Testung. Es wurden 2 Durchgänge benötigt und die Testung wurde sitzend ausgeführt. Wieder gab es keine Instruktionen und auch keine Fragen seitens der SchülerInnen. Im Hintergrund wurde von einigen SchülerInnen leise gesprochen.
- 10:20 – 10:40 Unterricht im Fach „Geschichte & politische Bildung“ zum Thema Antisemitismus. Der Lehrer gestaltete die Stunde mit Hilfe einer PowerPoint-Präsentation hauptsächlich frontal, wobei ab und zu Fragen an die SchülerInnen gestellt wurden. Zwischendurch wurden die Jugendlichen dazu aufgefordert einen Artikel zu lesen, bevor sie die letzten 7 min einen Film zu sehen bekamen.

- 10:41 – 10:47 Kurzturnen. Die Lehrperson beteiligte sich im hinteren Teil der Klasse auch am Kurzturnprogramm. Alle SchülerInnen machten aktiv mit, lachten und redeten teilweise miteinander.
- 10:48 – 10:15 Unterricht im Fach „Geschichte & politische Bildung“ zum Thema Antisemitismus. Der Film „Der Bockerer (Teil 2)“ wurde gemeinsam über den Beamer angeschaut. Hin und wieder hielt die Lehrperson den Film an und gab Zusatzinformationen zum Inhalt.
- 10:16 – 10:25 Durchführung 2. Testung. Der Ablauf gestaltete sich grundsätzlich wie bei der ersten Testung. Es traten keine Probleme auf.
- Sonstige Anmerkungen Während des Unterrichts saßen wir zu zweit als Beobachter hinten in der Klasse. Im Raum hatte es eine angenehme mittlere Temperatur.

Ausgangstestung – HTL Salzburg

Klasse 4A am 29.05.15

- 12:30 Stundenbeginn, die Laptops konnten schon davor im Klassenzimmer in der ersten Tischreihe aufgebaut werden
- 12:30 – 12:40 Durchführung 1. Testung. Es wurden keine Instruktionen meinerseits gegeben und es kamen auch keine Fragen von den SchülerInnen. Die Testung wurde in 2 Durchgängen und im Sitzen durchgeführt. Es gab keine Komplikationen. Während der Testung herrschte ein leichter Lärmpegel durch sprechende MitschülerInnen.
- 12:40 – 12:50 Unterricht im Fach Geschichte zum Thema „Terrorismus“. Unterrichtsstil eher frontal mit einzelnen Zwischenfragen an die SchülerInnen.
- 12:51 – 13:10 Diskussion zum Thema „Terrorismus“. Sehr interaktives Unterrichtsgeschehen.
- 13:11 – 13:20 Durchführung 2. Testung. Der Ablauf erfolgte gleich wie schon beim

ersten Testdurchlauf. Es gab erneut keine Komplikationen.

Sonstige Anmerkungen Während des Unterrichts saßen mein Kollege Daniel Hötzeneder und ich im hinteren Teil der Klasse und beobachteten das Geschehen.

Klasse 4B am 02.06.15

9:45 Stundenbeginn

9:45 – 10:00 Aufbau der Laptops und Durchführung der 1. Testung. Aufgrund der Schüleranzahl wurden 2 Durchgänge benötigt. Die Schüler saßen während der Testausführung. Es gab keine Instruktionen. Während der Testung herrschte ein leichter Lärmpegel durch die gerade nicht beschäftigten Schüler.

10:00 – 10:05 Organisatorisches, Nachbesprechung eines Klassenausfluges

10:05 – 10:35 Referat eines Schülers zum Thema „Osama bin Laden“. Kurze Rückmeldung seitens des Lehrers zum Referat.

10:34 – 10:39 Kurzturnen.

Alle SchülerInnen beteiligten sich aktiv am Kurzturnprogramm. Es wurde gelacht und geredet.

10:40 – 11:00 Schülerreferat zum Thema „9/11“ und kurze Rückmeldung vom Lehrer.

11:01 – 11:15 2. Testung in 4 Durchgängen. Auf einigen Laptops lief der Test nicht richtig, daher konnte nur auf 6 Laptops gearbeitet werden, wodurch mehrere Durchgänge nötig wurden. Bei einigen SchülerInnen kam leichter Unmut auf, als sie die Testung ein zweites Mal auf einem anderen Laptop durchführen mussten, weil er sich zuerst nicht abschließen ließ.

Sonstige Anmerkungen Wir saßen zu zweit als BeobachterInnen im hinteren Teil der Klasse.

Ausgangstestung – HTL Kuchl

Die Klasse 3B war wie schon bei der Eingangstestung in zwei Gruppen aufgeteilt, wobei ein Teil Informatikunterricht, der andere Englischunterricht genoss. Mein Kollege Florian Mayr führte die Testung bei der Informatikgruppe durch, ich in der Englischgruppe.

Klasse 3B (Gruppe Englisch) am 03.06.2015

- 10:40 Stundenbeginn, Aufbau der Laptops. Die Laptops wurden im hinteren Bereich des Klassenraumes aufgebaut, um den Unterricht möglichst wenig zu stören.
- 10:48 – 10:58 Durchführung 1. Testung. Es wurden 3 Durchgänge benötigt und die SchülerInnen führten die Testung sitzend durch. Es wurden keine Instruktionen gegeben und es kamen keine Fragen seitens der SchülerInnen. Die Testung lief sehr ruhig, diszipliniert und konzentriert ab.
- 10:58 – 11:23 Unterricht im Fach Englisch. Der erste Teil der Unterrichtsstunde wurde zum Vergleichen der Hausübungen genutzt. Anschließend gab es eine Diskussion und eine Listening zum Thema „American Dream“. Einige SchülerInnen beteiligten sich rege mit mündlichen Beiträgen, andere verhielten sich eher passiv.
- 11:24 – 11:30 Durchführung 2. Testung. Wieder wurden 3 Durchgänge benötigt, welche im Sitzen ausgeführt wurden. Erneut gab es keine Instruktionen und Fragen zum Testablauf. Auch diese Testung wurde von den SchülerInnen sehr gewissenhaft absolviert.
- Sonstige An- Ich saß im hinteren Teil der Klasse und beobachtete den Unterricht.
merkungen

Klasse 3B (Gruppe Informatik) am 03.06.15

- 10:40 – 10:53 Stundenbeginn. Aufbau der Laptops im hinteren Teil des Raumes.
- 10:54 – 11:00 Durchführung 1. Testung. Es wurden keine Instruktionen gegeben, die Schüler hatten keine Fragen. Der Test wurde im Sitzen ausgeführt.
- 11:01 – 11:23 Unterricht im Fach „Informatik“. Der Unterrichtsstil war eher frontal, wobei die SchülerInnen aufgefordert wurden die vorgezeigten Arbeitsschritte am PC selber nachzumachen. Einige SchülerInnen beschäftigten sich in Wirklichkeit mit völlig anderen Dingen im Internet.
- 11:24 – 11:30 Durchführung 2. Testung. Ablauf wie bei der ersten Ausführung. Es traten keine Probleme auf.
- Sonstige Anmerkungen Mein Kollege Florian Mayr saß während des Unterrichts hinten in der Klasse und beobachtete das Geschehen.

Klasse 3A am 03.06.2015

- 14:15 Stundenbeginn, Aufbau der Laptops. Die Laptops wurden in einer leerstehenden Nebenklasse aufgebaut, da aufgrund der hohen SchülerInnenanzahl direkt in der Klasse kein Platz war.
- 14:30 – 14:43 Durchführung 1. Testung in 3 Durchgängen. Die SchülerInnen kamen nacheinander in drei Gruppen in die Nebenklasse und führten die Testung durch. Im Testraum herrschte eine sehr ruhige und konzentrierte Atmosphäre. Wieder wurden die Testungen sitzend durchgeführt. Es gab keine Instruktionen und keine Fragen.
- 14:44 – 15:08 Unterricht im Fach „Holzwirtschaft“. Hauptsächlich Frontalunterricht mit Zwischenfragen an die SchülerInnen. Die SchülerInnen schreiben in ihrem Heft mit, was der Lehrer an der Tafel notiert.
- 15:10 – 15:15 Kurzturnen. Es haben sich alle SchülerInnen aktiv am Kurzturnprogramm beteiligt. Es wurde gelacht und geredet, was den Lärmpegel ansteigen ließ.

- 15:17 – 15:37 Fortsetzung des Unterrichts im Fach „Holzwirtschaft“. Wieder dominiert der frontale Vortrag, zwischendurch notieren die SchülerInnen Sätze ins Heft. Die SchülerInnen üben eine sehr passive Rolle im Unterricht aus.
- 15:37 -15:55 Durchführung 2. Testung. Auch hier lief die Testung nur an einigen wenigen Laptops fehlerfrei ab, wodurch wiederum mehr Durchgänge benötigt wurden. Einige SchülerInnen mussten den Test zweimal durchführen, bis er erfolgreich abgeschlossen werden konnte, was nicht besonders auf Zustimmung stieß.
- Sonstige Anmerkungen Ich saß im hinteren Teil der Klasse und beobachtete den Unterricht.

3.4 Ergebnisse

Die Daten wurden mithilfe der Programme „Excel 2010“ und „SPSS Version 18“ ausgewertet. In dieser Arbeit wird die exekutive Leistungsfähigkeit anhand der Gesamtfehleranzahl und der Inhibitionsleistung in einzeiligen und mehrzeiligen Bedingungen erhoben.

Die Berechnungen wurden auf der Basis eines vorläufigen Datensatzes durchgeführt. Es lässt sich daher nicht gänzlich ausschließen, dass noch einzelne fehlerhafte Testwerte enthalten sind, welche die Ergebnisse leicht verfälschen könnten.

3.4.1 Ergebnisse möglicher Einflussfaktoren

Die Berechnung wurde mittels eines Mann-Whitney-Test im SPSS durchgeführt, da die Variablen nicht normalverteilt sind (wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test überprüft).

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Versuchsgruppe und die Kontrollgruppe in keinem der getesteten Einflussfaktoren signifikant unterscheiden (siehe Tab 6 und Abb 5). Die Vereinsaktivität weist dabei einen p-Wert von $p = ,291$ auf, auch die Freizeitaktivität ($p = ,792$), die Note im Fach „Bewegung & Sport“ ($p = ,551$) sowie die sport-

liche Einschätzung gegenüber MitschülerInnen ($p= ,147$) sind weit vom Signifikanzniveau ($p < ,05$) entfernt.

Tab 6 Werte zu den Ergebnissen der Vereinsaktivität (in h), der Freizeitaktivität (in h), der Note in Bewegung & Sport und dem subjektiven sportlichen Vergleich der SchülerInnen zu ihren MitschülerInnen (5 = trifft völlig zu bis 1 = trifft überhaupt nicht zu), differenziert dargestellt für die Kontrollgruppe und die Versuchsgruppe

	p-Wert	Versuchsgruppe		Kontrollgruppe	
		MW	SD	MW	SD
Vereinsaktivität (in h)	,291	1,48	2,22	2,79	4,22
Freizeitaktivität (in h)	,792	5,38	4,26	5,49	4,03
Note	,551	1,07	0,32	1,02	0,15
Sportlicher Vergleich	,147	2,73	0,77	2,96	0,86

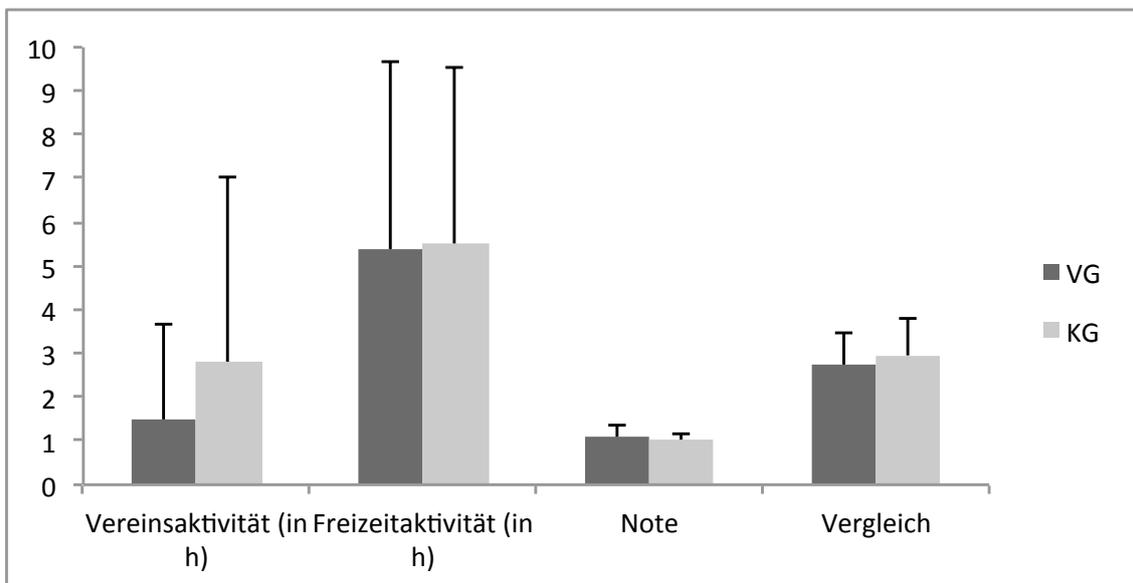


Abb 5 Ergebnisse der Vereinsaktivität (in h), der Freizeitaktivität (in h), der Note in Bewegung & Sport und dem subjektiven sportlichen Vergleich der SchülerInnen zu ihren MitschülerInnen (4 = sehr sportlich bis 1 = nicht sportlich), differenziert dargestellt für die Kontrollgruppe (KG) und die Versuchsgruppe (VG)

3.4.2 Ergebnisse zur kognitiven Aktivität

Zuerst wird mithilfe des Mann-Whitney-Tests (da die Daten nicht normalverteilt sind, wurde mit dem Kolmogorov-Smirnof-Test getestet) überprüft, ob zu den Testzeitpunkten ein Unterschied bzgl. kognitiver Aktivierung zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe festgestellt werden kann.

Bei Betrachtung der Ergebnisse in Tab 7 erkennt man, dass bei keiner Testdurchführung ein signifikanter Unterschied der kognitiven Aktivierung zu finden ist. Es ist dennoch festzuhalten, dass die Versuchsgruppe zu allen Testzeitpunkten eine leicht erhöhte Aktivierung im Vergleich zur Kontrollgruppe aufweist.

Tab 7 Kognitive Aktivierung. Differenziert zwischen Versuchsgruppe (VG) und Kontrollgruppe (KG).
 Kog_Akt_t2_1 = Kognitive Aktivierung beim Eingangstest Testzeitpunkt 1; Kog_Akt_t2_2 = Kog. Aktivierung beim Eingangstest Testzeitpunkt 2; Kog_Akt_t3_1 = Kog. Aktivierung beim Ausgangstest Testzeitpunkt 1; Kog_Akt_t3_2 = Kog. Aktivierung beim Ausgangstest Testzeitpunkt 2

		N	MW	SD	p-Wert
Kog_Akt_t2_1	KG	46	2,72	0,621	,211
	VG	46	2,89	0,605	
Kog_Akt_t2_2	KG	46	2,78	0,696	,641
	VG	46	2,85	0,729	
Kog_Akt_t3_1	KG	41	2,34	0,693	,509
	VG	35	2,46	0,611	
Kog_Akt_t3_2	KG	41	2,46	0,711	,902
	VG	32	2,50	0,672	

Im nächsten Schritt wird nun berechnet, ob es einen Zusammenhang zwischen der kognitiven Aktivierung und einem der für diese Untersuchung relevanten Testwerte gibt. Dazu wurde das Verfahren einer „Nichtparametrischen Korrelation“ nämlich der „Korrelation nach Spearman“ verwendet, da die Variablen nicht normalverteilt sind.

Die Ergebnisse zeigen zwei signifikante Werte (vgl. Tab 8). Zum einen korreliert die kognitive Aktivierung beim Ausgangstest beim Testzeitpunkt 1 negativ mit der Anzahl an gemachten Fehlern ($r = -,248$; $p = ,031$) und zum anderen korreliert sie beim Testzeitpunkt 2 mit der Inhibitionsleistung in mehrzeiligen Bedingungen ($r = ,247$; $p = ,035$). Alle anderen Zusammenhänge erreichen keine signifikanten Werte.

Tab 8 Kognitive Aktivierung (Kog_Akt) im Zusammenhang mit Gesamtfehlern und Inhibitionsleistung in einzeiligen (Inhib. einz.) und mehrzeiligen (Inhib. mehrz.) Bedingungen. r = Korrelationskoeffizient; t2 = Eingangstest; t3 = Ausgangstest; 1 bzw. 2 = Testzeitpunkt 1 bzw. 2

		<i>r</i>	p-Wert
Kog_Akt_t2_1	Gesamtfehler	,043	,687
	Inhib. einz.	-,057	,587
	Inhib. mehrz.	,054	,609
Kog_Akt_t2_2	Gesamtfehler	,080	,449
	Inhib. einz.	,124	,241
	Inhib. mehrz.	-,056	,593
Kog_Akt_t3_1	Gesamtfehler	-,248	,031
	Inhib. einz.	,090	,440
	Inhib. mehrz.	,008	,942
Kog_Akt_t3_2	Gesamtfehler	-,109	,360
	Inhib. einz.	,173	,144
	Inhib. mehrz.	,247	,035

3.4.3 Lerneffekt

Die Berechnung wurde mithilfe des Wilcoxon-Test durchgeführt, da die Werte nicht normalverteilt sind (getestet mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test).

Betrachtet man die Anzahl der Fehler, welche im Vortest bzw. im Eingangstest gemacht wurden, so lässt sich ein Rückgang der mittlern Gesamtfehleranzahl von 3,18 (\pm 2,87) auf 2,85 (\pm 2,21) feststellen. Mit $p = ,585$ ist der Unterschied aber weit vom Signifikanzniveau ($p < 0,05$) entfernt (siehe Abb 6 und Tab 9).

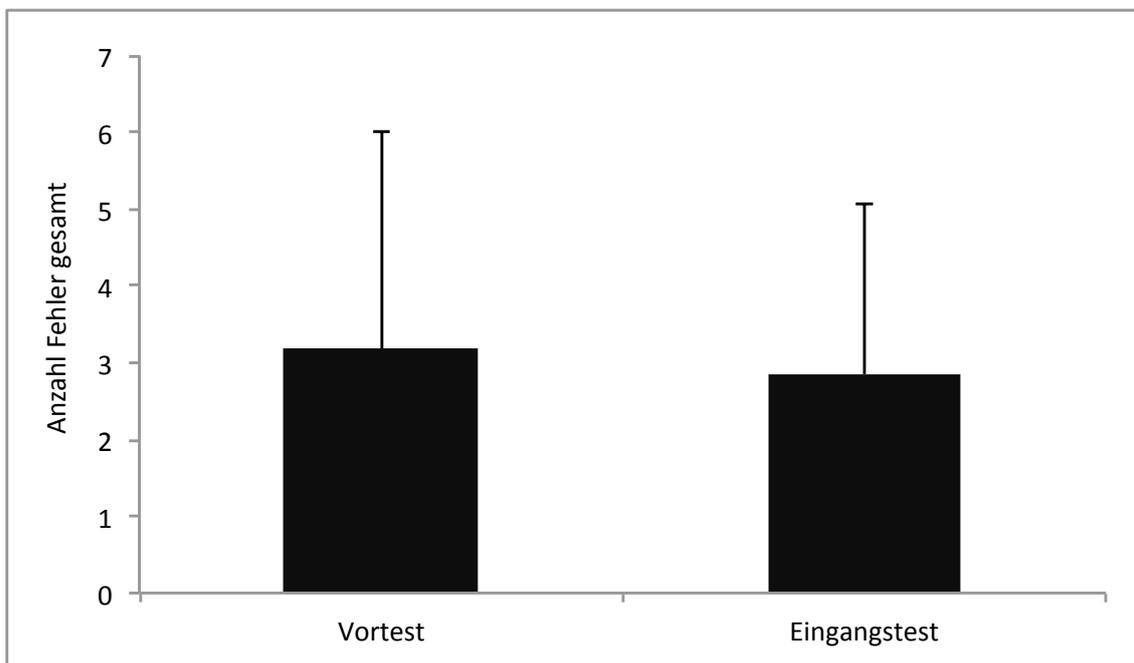


Abb 6 Gesamtanzahl der Fehler im Vortest bzw. Eingangstest

Tab 9 Fehleranzahl bei den verschiedenen Aufgabentypen im Vortest bzw. Eingangstest

Aufgabentyp	Vortest	Eingangstestung	p-Wert
neutral	0,31 (\pm 0,42)	0,33 (\pm 0,56)	,938
inkongruent einzeilig	1,45 (\pm 1,53)	1,15 (\pm 0,98)	,252
inkongruent mehrzeilig	1,00 (\pm 1,45)	0,98 (\pm 1,16)	,714
kongruent einzeilig	0,20 (\pm 0,43)	0,22 (\pm 0,57)	,931
kongruent mehrzeilig	0,23 (\pm 0,42)	0,17 (\pm 0,46)	,429
Fehler gesamt	3,18 (\pm 2,87)	2,85 (\pm 2,21)	,585

Tab 9 zeigt, dass auch die differenzierte Betrachtung der Fehleranzahl bei den einzelnen Aufgabentypen kein signifikantes Ergebnis hervorbringt. Obwohl bei den Bedingungen *inkongruent einzeilig*, *inkongruent mehrzeilig* und *kongruent mehrzeilig* die mittlere Fehleranzahl beim Eingangstest niedriger ist als im Vortest, wird der Unterschied nirgends signifikant. Die Ergebnisse bestätigen somit die Annahme eines signifikanten Lerneffektes von der ersten zur zweiten Testung nicht.

Die Ergebnisse zu den Reaktionszeiten und den daraus resultierenden Inhibitionsleistungen sehen sehr ähnlich aus (siehe Abb 7 und Tab 10). Auch hier lassen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Vortest und Eingangstest feststellen. Die Inhibitionsleistung kann mathematisch als die Differenz der mittleren Reaktionszeiten zwischen inkongruenten und kongruenten Aufgaben beschrieben werden. Die Inhibitionsleistung ist umso besser, je kleiner der errechnete Wert.

Die mittlere Inhibitionsleistung bei mehrzeiligen Aufgaben verbessert sich zwar vom Vortest ($40,42 \pm 39,29$) zum Eingangstest ($38,68 \pm 30,28$), der Wert $p = ,725$ lässt den Unterschied aber nicht signifikant werden.

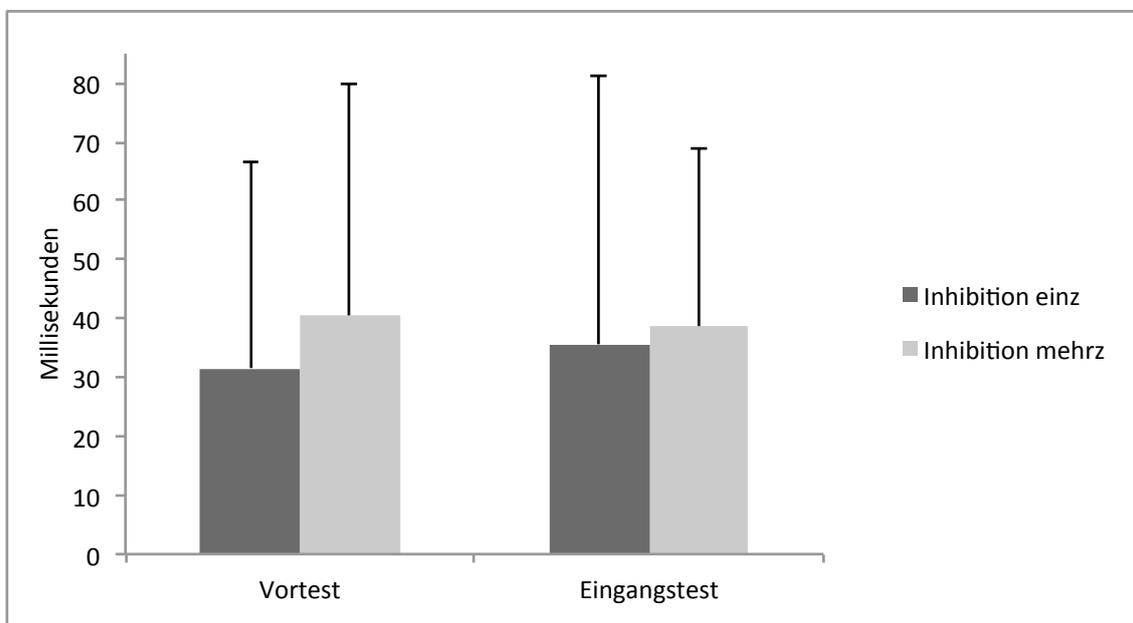


Abb 7 Ergebnisse der Inhibitionsleistung differenziert nach einzeiligen und mehrzeiligen Bedingungen im Vergleich zwischen Vortest und Eingangstest

Auch die Betrachtung der Reaktionszeiten der einzelnen Aufgabentypen bringt kein signifikantes Ergebnis (vgl. Tab 10). Es lässt sich vermerken, dass sich die mittlere Reaktionszeit bei neutralen, inkongruent mehrzeiligen, kongruent einzeiligen und mehrzeiligen Bedingungen verbessert, die Signifikanzschwelle von $p < ,05$ wird aber nicht erreicht. Die Ergebnisse zeigen somit auch hier keinen signifikanten Lerneffekt von der ersten zur zweiten Testung. Einzig bei den inkongruent und kongruent mehrzeiligen Aufgaben kann ein signifikanter Trend ($p < ,01$) hin zur Verbesserung der Reaktionszeit vermerkt werden.

Tab 10 Mittlere Reaktionszeiten differenziert nach Aufgabentyp und Inhibitionsleistung im Vergleich zwischen Vortest und Eingangstestung.

Aufgabentyp	Vortest MW (\pm SD)	Eingangstestung MW (\pm SD)	p-Wert
neutral	503,59 (\pm 46,56)	498,29 (\pm 41,88)	,239
Inkongruent einzeilig	548,93 (\pm 55,85)	550,40 (\pm 53,98)	,631
Inkongruent mehrzeilig	570,23 (\pm 58,94)	559,57 (\pm 47,35)	,095
Kongruent einzeilig	517,31 (\pm 51,63)	514,74 (\pm 56,13)	,409
Kongruent mehrzeilig	529,81 (\pm 53,35)	520,89 (\pm 49,01)	,079
Inhibition einzeilig	31,61 (\pm 35,14)	35,65 (\pm 45,44)	,369
Inhibition mehrzeilig	40,42 (\pm 39,29)	38,68 (\pm 30,28)	,575

Weiterführende Ergebnisse zum Lerneffekt bei diesem Flanker-Test hat mein Kollege Daniel Hötzeneder berechnet. Laut seinen Darstellungen lassen sich über den gesamten Untersuchungsverlauf tatsächlich Lerneffekte finden, welche aber ein etwas widersprüchliches Bild zeigen. So verbessern sich die ProbandInnen von Test zu Test in ihren Reaktionszeiten, gleichzeitig werden aber immer mehr Fehler gemacht. Die schnelleren Reaktionen würden dabei auf eine Verbesserung der Inhibitionsleistung schließen lassen, während die ansteigende Fehleranzahl genau das Gegenteil bedeuten würde. Es lässt sich somit kein eindeutiger Befund zum Lerneffekt darstellen.

3.4.4 Akute Auswirkungen - Eingangstest

Um die akuten Auswirkungen des 5-minütigen Bewegungsprogrammes zu untersuchen, werden sowohl von der Eingangs- als auch von der Ausgangstestung jeweils die beiden Testzeitpunkte verglichen. So lässt sich jeweils am zweiten Testzeitpunkt erkennen, ob das Kurzturnen Auswirkungen auf die Ergebnisse zeigt.

Die Ergebnisse wurden alle mittels einer Varianzanalyse mit Messwiederholung im SPSS berechnet.

3.4.4.1 Gesamtfehleranzahl

Betrachtete man die Ergebnisse zu der Gesamtfehleranzahl, so lässt sich erkennen, dass sie sich in beiden Gruppen verschlechtern (vgl. Tab 11 und Abb 8). Die Schülerinnen machen nach einer circa 40-minütigen Unterrichtseinheit mehr Fehler, egal ob mit oder ohne Kurzturnen. Dabei unterscheiden sich die Ergebnisse der beiden Testzeitpunkte signifikant ($p = ,003$). Die Berechnung in „SPSS“ ergab jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe ($p = ,531$).

Tab 11 Werte zum Ergebnis der Gesamtfehleranzahl zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Eingangstestung. Vergleich zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe.

Gesamtfehleranzahl			
	Testzeitpunkt 1	Testzeitpunkt 2	
	MW (\pm SD)	MW (\pm SD)	p-Wert
Versuchsgruppe (N = 46)	2,98 (\pm 2,18)	3,99 (\pm 3,88)	,531
Kontrollgruppe (N = 46)	2,72 (\pm 2,26)	3,57 (\pm 3,34)	

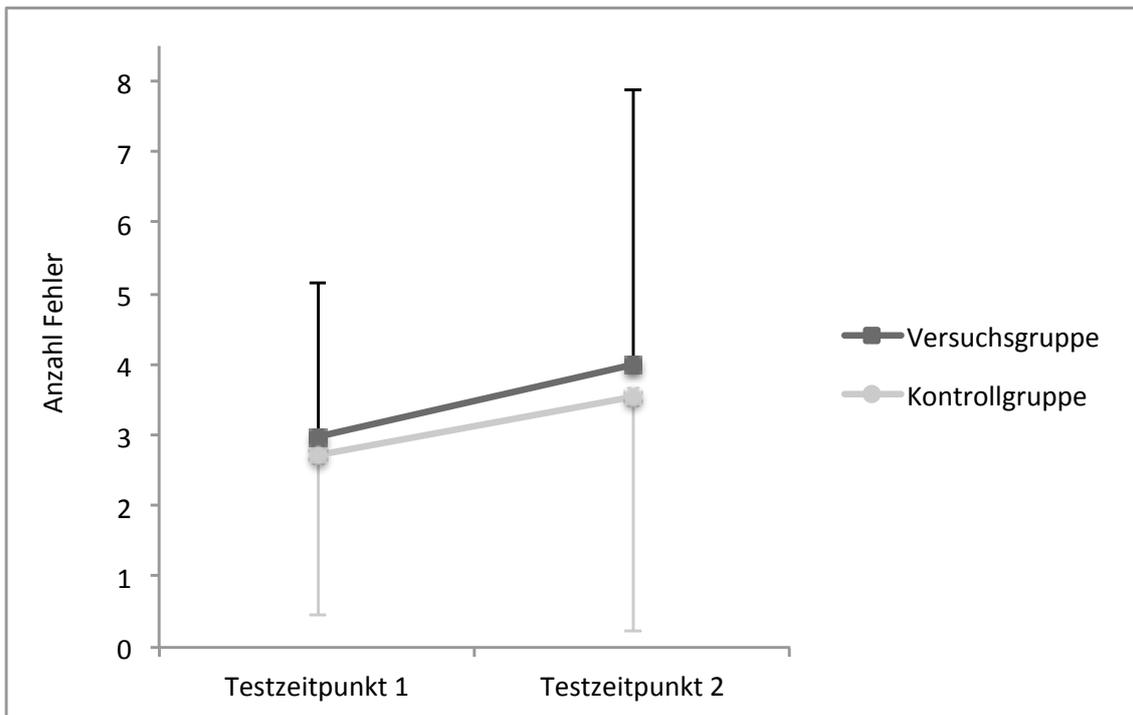


Abb 8 Ergebnis der Gesamtfehleranzahl zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Eingangstestung. Vergleich zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe.

3.4.4.2 Inhibitionsleistung – einzeilige Bedingungen

Die Inhibitionsleistung in einzeiligen Bedingungen entspricht der Differenz zwischen der Reaktionszeit bei inkongruent einzeiligen Aufgaben und der bei kongruent einzeiligen Aufgaben. Je kleiner der Wert, desto besser die Inhibitionsleistung.

Die Ergebnisse (vgl. Abb 9 und Tab 12) zeigen, dass sich die Kontrollgruppe von Testzeitpunkt 1 (vor dem Unterricht) zu 2 (nach dem Unterricht) etwas verbessert, während bei der Versuchsgruppe genau der gegenteilige Effekt eintritt. Ihre Inhibitionsleistung bei einzeiligen Bedingungen verringert sich nach ungefähr 40 Minuten Unterricht inklusive Kurzturnen. Die Ergebnisse der zwei Testzeitpunkte unterscheiden sich jedoch nicht signifikant ($p = ,617$) und auch der Vergleich von Versuchs- und Kontrollgruppe bleibt mit $p = ,493$ über dem Signifikanzniveau von $p < ,05$.

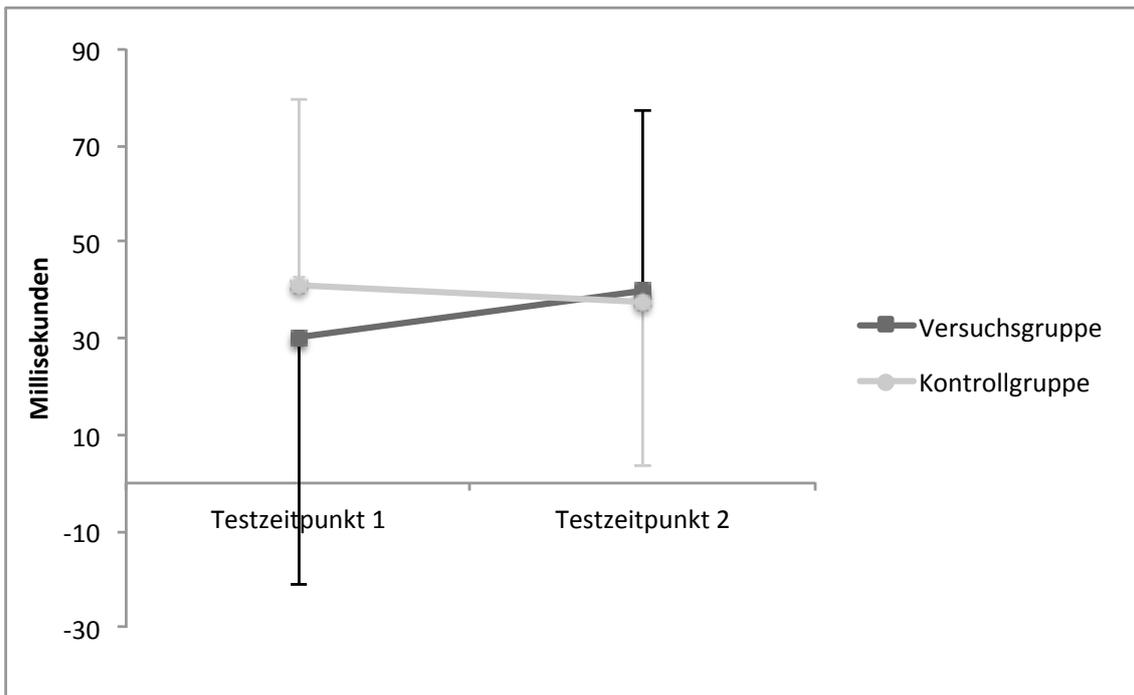


Abb 9 Ergebnis zur Inhibitionsleistung in einzeiligen Bedingungen (Inhibition_einz) zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Eingangstestung. Vergleich Versuchs- und Kontrollgruppe.

Tab 12 Werte zum Ergebnis der Inhibitionsleistung in einzeiligen Bedingungen (Inhib_einz) zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Eingangstestung. Vergleich Versuchs- und Kontrollgruppe.

Inhibition_einz			
	Testzeitpunkt 1 MW (± SD)	Testzeitpunkt 2 MW (± SD)	p-Wert
Versuchsgruppe (N = 46)	30,25 (± 51,24)	39,65 (± 37,48)	,493
Kontrollgruppe (N = 46)	41,06 (± 38,61)	37,46 (± 34,00)	

3.4.4.3 Inhibitionsleistung – mehrzeilige Bedingungen

Die Inhibitionsleistung in mehrzeiligen Bedingungen entspricht der Differenz zwischen der Reaktionszeit bei inkongruent mehrzeiligen Aufgaben und kongruent mehrzeiligen Aufgaben.

Die Ergebnisse der Inhibitionsleistung bei mehrzeiligen Bedingungen zeigen ein sehr ähnliches Bild (vgl. Abb 10 und Tab 13) wie bei einzeiligen Bedingungen. Die Kontrollgruppe verbessert ihre Inhibitionsleistung etwas, während die Versuchsgruppe nach dem Unterricht schlechtere Ergebnisse erzielt. Die Testzeitpunkte unterscheiden sich nicht signifikant ($p = ,723$) und auch der Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe bleibt mit $p = ,155$ unterhalb der Signifikanzschwelle.

Tab 13 Werte zum Ergebnis der Inhibitionsleistung in mehrzeiligen Bedingungen (Inhibition_mehr) zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Eingangstestung. Vergleich Versuchs- und Kontrollgruppe.

Inhibition_mehr			
	Testzeitpunkt 1 MW (\pm SD)	Testzeitpunkt 2 MW (\pm SD)	p-Wert
Versuchsgruppe ($N = 46$)	32,70 (\pm 34,92)	38,68 (\pm 29,99)	,155
Kontrollgruppe ($N = 46$)	48,13 (\pm 42,20)	38,68 (\pm 30,91)	

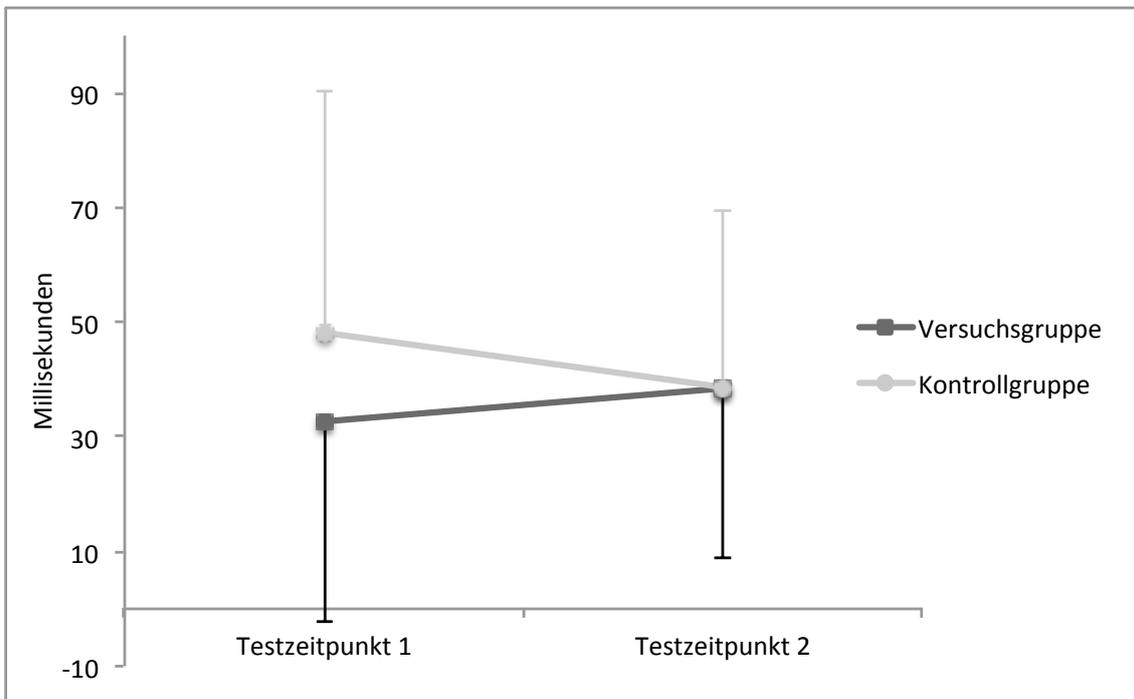


Abb 10 Ergebnis zur Inhibitionsleistung in mehrzeiligen Bedingungen (Inhibition_mehrz) zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Eingangstestung. Vergleich Versuchs- und Kontrollgruppe.

3.4.5 Akute Auswirkungen – Ausgangstestung

Neben der Eingangstestung wurde auch bei der Ausgangstestung auf akute Auswirkungen der Kurzturnprogramme untersucht. Zu diesem Zweck wurden die Ergebnisse des Testzeitpunkts 1 (vor der Unterrichtseinheit) mit denen des Testzeitpunktes 2 (nach der Unterrichtseinheit) verglichen und differenziert nach Gruppenzugehörigkeit (Versuchs- oder Kontrollgruppe) betrachtet.

Wieder wurde die Ergebnisse mittels Varianzanalyse mit Messwiederholung im SPSS berechnet.

3.4.5.1 Gesamtfehleranzahl

Die Veränderung der Gesamtfehleranzahl von Testzeitpunkt 1 zu 2 der Ausgangstestung zeigt ein sehr ähnliches Bild wie schon bei der Eingangstestung (vgl. Abb 11 und Tab 14). Beide Gruppen machen nach der circa 40-minütigen Unterrichtseinheit mehr Fehler wie zuvor, wobei sich die beiden Testzeitpunkte hochsignifikant

($p = ,002$) unterscheiden. Der Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe wird jedoch nicht signifikant ($p = ,252$).

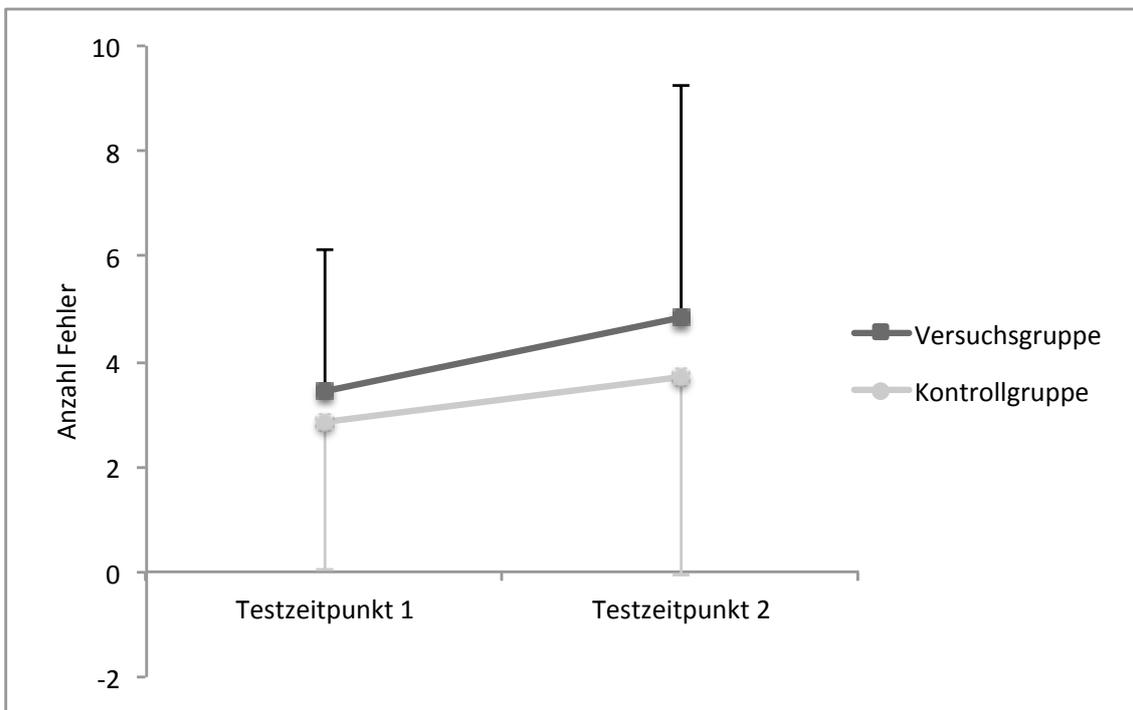


Abb 11 Ergebnis der Gesamtfehleranzahl zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Ausgangstestung. Vergleich zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe.

Tab 14 Werte zum Ergebnis der Gesamtfehleranzahl zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Ausgangstestung. Vergleich zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe.

Gesamtfehleranzahl			
	Testzeitpunkt 1	Testzeitpunkt 2	p-Wert
	MW (\pm SD)	MW (\pm SD)	
Versuchsgruppe ($N = 41$)	3,41 (\pm 2,73)	4,86 (\pm 4,36)	,252
Kontrollgruppe ($N = 32$)	2,85 (\pm 2,81)	3,71 (\pm 3,77)	

3.4.5.2 Inhibitionsleistung – einzeilige Bedingungen

Die Inhibitionsleistung in einzeiligen Bedingungen errechnet sich aus der Differenz zwischen der Reaktionszeit bei inkongruenten einzeiligen Aufgaben und der bei kongruent einzeiligen Aufgaben. Je kleiner der Wert, desto besser die Inhibitionsleistung.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Inhibitionsleistung in der Kontrollgruppe leicht ansteigt, während sie sich in der Versuchsgruppe verschlechtert (vgl. Abb 12 und Tab 15). Die Testzeitpunkte unterscheiden sich dabei nicht signifikant ($p = ,728$). Auch der Vergleich zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe ergibt kein signifikantes Ergebnis ($p = ,471$).

Die Ergebnisse stützen somit keine positiven, akuten Auswirkungen des Kurzturnens auf die Inhibitionsleistung.

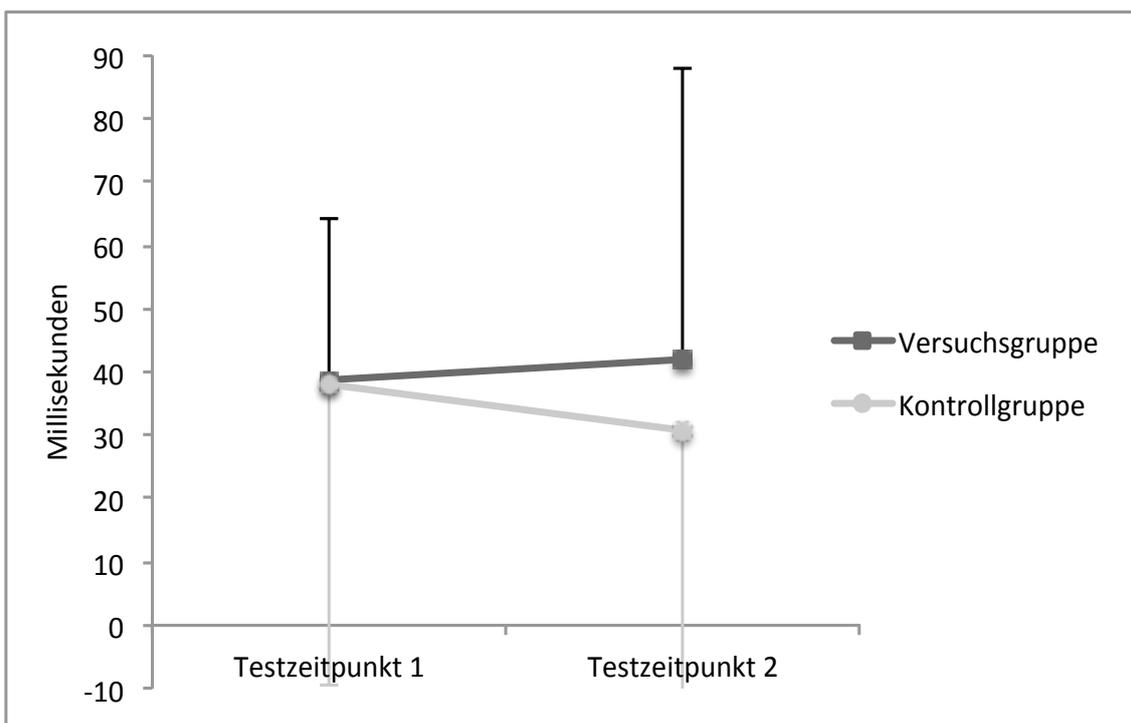


Abb 12 Ergebnis zur Inhibitionsleistung in einzeiligen Bedingungen (Inhibition_einz) zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Ausgangstesting. Vergleich Versuchs- und Kontrollgruppe.

Tab 15 Werte zum Ergebnis der Inhibitionsleistung in einzeiligen Bedingungen (Inhibition_einz) zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Ausgangstestung. Vergleich Versuchs- und Kontrollgruppe.

Inhibition_einz			
	Testzeitpunkt 1 MW (\pm SD)	Testzeitpunkt 2 MW (\pm SD)	p-Wert
Versuchsgruppe (N = 41)	38,75 (\pm 25,54)	41,86 (\pm 45,86)	,471
Kontrollgruppe (N = 32)	37,89 (\pm 47,53)	30,80 (\pm 44,75)	

3.4.5.3 Inhibitionsleistung – mehrzeilige Bedingungen

Die Inhibitionsleistung in mehrzeiligen Bedingungen lässt sich aus der Differenz zwischen der Reaktionszeit bei inkongruent mehrzeiligen und kongruent mehrzeiligen Aufgaben errechnen. Je kleiner der Wert, desto besser die Inhibitionsleistung.

Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl die Versuchs- als auch die Kontrollgruppe ihre Inhibitionsleistung von Testzeitpunkt 1 (vor dem Unterricht) zu 2 (nach dem Unterricht) verbessern (vgl. Abb 13 und Tab 16). Die Testzeitpunkte unterscheiden sich dabei jedoch nicht statistisch signifikant ($p = ,110$). Auch der Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe bleibt über dem Signifikanzniveau ($p = ,546$).

Auch hier liefern die Ergebnisse keinen Anhaltspunkt für einen akuten Effekt des Kurzturnens auf die Inhibitionsleistung.

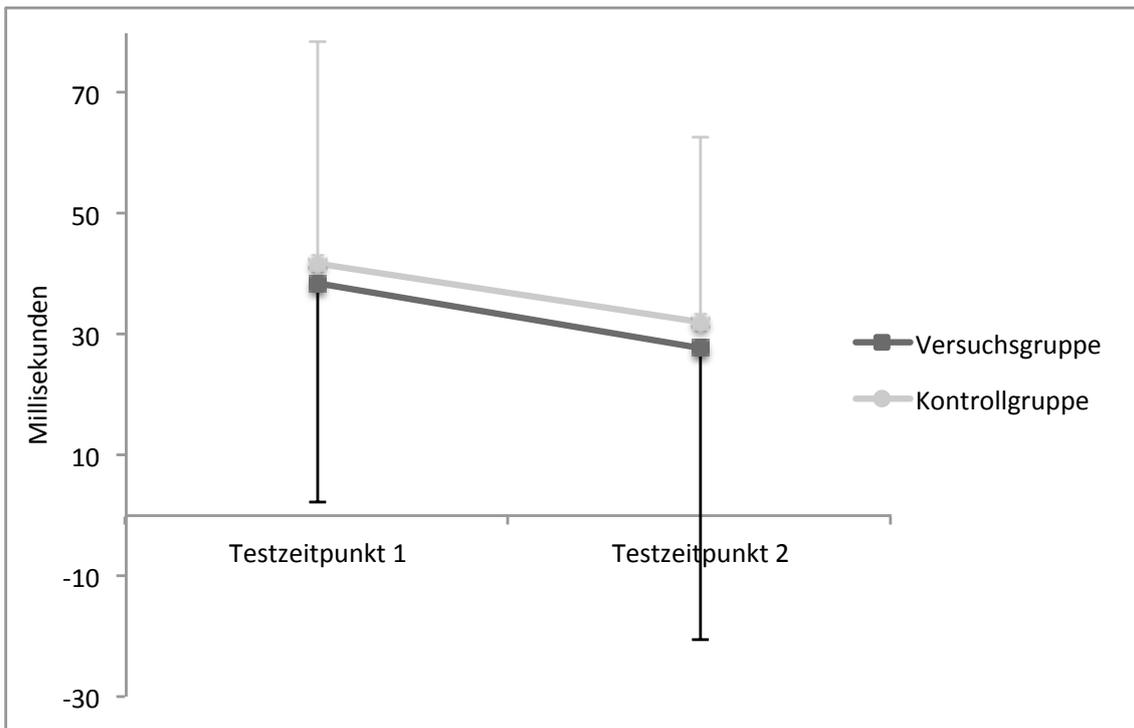


Abb 13 Ergebnis zur Inhibitionsleistung in mehrzeiligen Bedingungen (Inhibition_mehrz) zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Ausgangstestung. Vergleich Versuchs- und Kontrollgruppe

Tab 16 Werte zum Ergebnis der Inhibitionsleistung in mehrzeiligen Bedingungen (Inhib_mehrz) zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Ausgangstestung. Vergleich Versuchs und Kontrollgruppe.

Inhibition_mehrz			
	Testzeitpunkt 1	Testzeitpunkt 2	p-Wert
	MW (± SD)	MW (± SD)	
Versuchsgruppe (N = 41)	38,68 (± 36,43)	27,76 (± 48,32)	,546
Kontrollgruppe (N = 32)	41,93 (± 36,76)	32,10 (± 30,46)	

3.4.6 Langzeiteffekte

Um die längerfristigen Effekte des Kurzturnens zu untersuchen, wurden die Ergebnisse des ersten Testzeitpunktes vom Eingangstest mit jenen vom Ausgangstest verglichen und mittels SPSS die statistischen Werte berechnet. Dabei wurde das Verfahren der Varianzanalyse mit Messwiederholung angewendet.

3.4.6.1 Gesamtfehleranzahl

Das Ergebnis zur Gesamtfehleranzahl zeigt, dass beide Gruppen beim Ausgangstest mehr Fehler gemacht haben, als beim Eingangstest, wobei sich die Zeitpunkte nicht signifikant unterscheiden ($p = ,264$) (vgl. Abb 14 und Tab 17). Auch der Unterschied zwischen Versuchsgruppe und Kontrollgruppe ist nicht signifikant ($p = ,192$).

Die Ergebnisse zeigen somit keinen längerfristigen Effekt des Kurzturnens auf die Fehleranfälligkeit im Test.

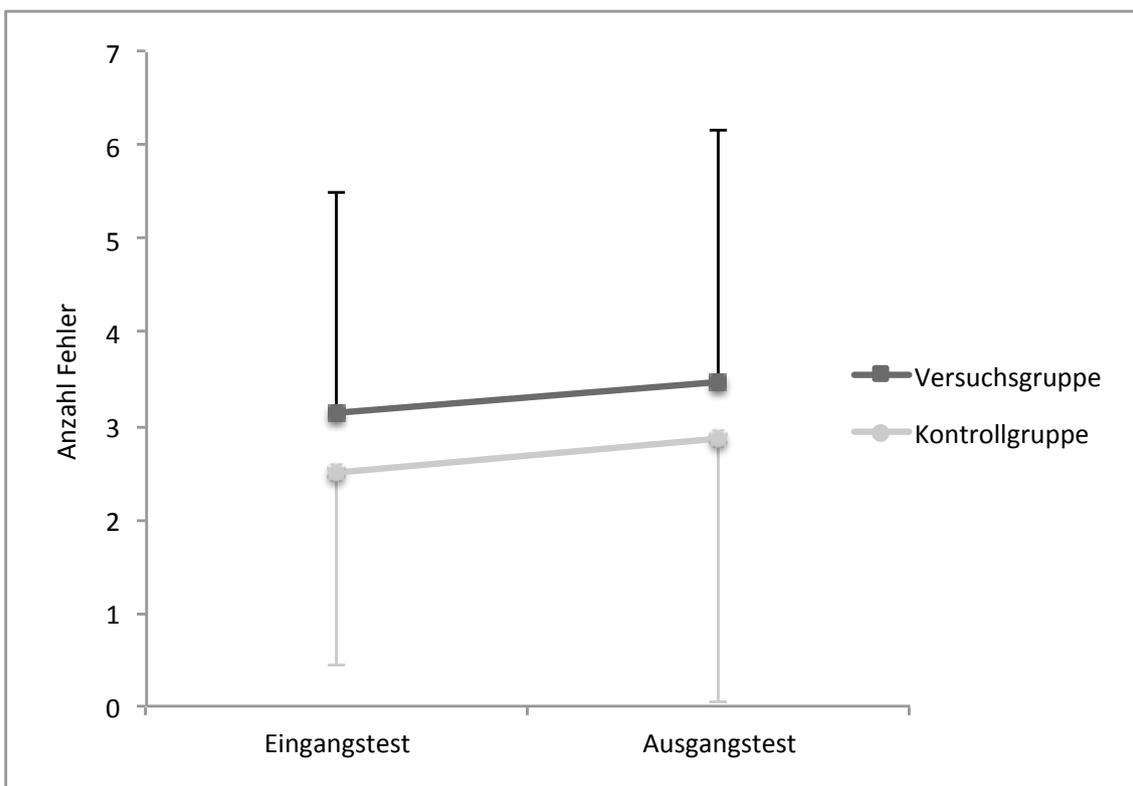


Abb 14 Langzeiteffekt bei der Gesamtfehleranzahl

Tab 17 Werte zum Ergebnis des Langzeiteffekts bei der Gesamtfehleranzahl.

Gesamtfehleranzahl			
	Eingangstest MW (\pm SD)	Ausgangstest MW (\pm SD)	p-Wert
Versuchsgruppe (N = 35)	3,14 (\pm 2,35)	3,47 (\pm 2,69)	,192
Kontrollgruppe (N = 41)	2,49 (\pm 2,06)	2,85 (\pm 2,81)	

3.4.6.2 Inhibitionsleistung – einzeilige Bedingungen

Die Berechnung erfolgt gleich wie schon bei den „Akuten Auswirkungen“ beschrieben wurde (siehe 3.4.4.2 Inhibitionsleistung – einzeilige Bedingungen)

Bei Betrachtung der Ergebnisse lässt sich ein ähnliches Bild wie bei den akuten Auswirkungen erkennen. Während sich die Kontrollgruppe bzgl. ihrer Inhibitionsleistung in einzeiligen Bedingungen erneut verbessert, verschlechtert sich die Versuchsgruppe (vgl. Abb 15 und Tab 18). Doch auch hier unterscheiden sich Eingangs- und Ausgangstest nicht signifikant ($p = ,729$). Mit einer Signifikanz von $p = ,323$ erweist sich auch der Vergleich zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe als nicht signifikant.

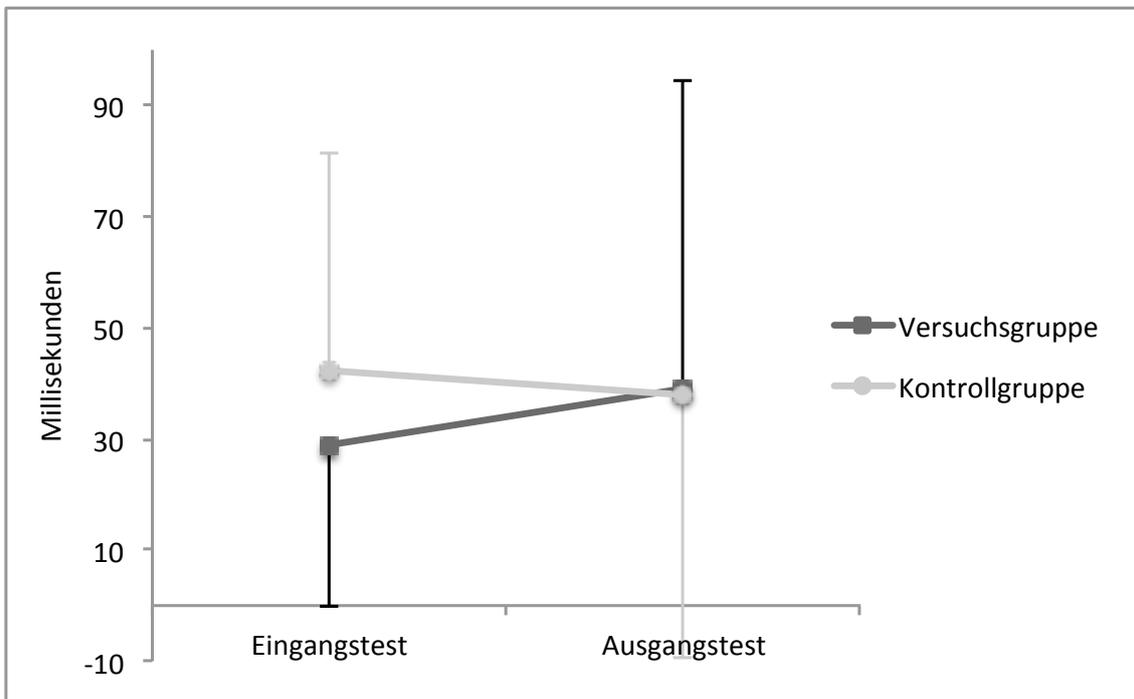


Abb 15 Langzeiteffekt der Inhibitionsleistung bei einzeiligen Bedingungen

Tab 18 Werte zum Ergebnis des Langzeiteffekts der Inhibitionsleistung bei einzeiligen Bedingungen (Inhibition_einz)

Inhibition_einz			
	Eingangstest	Ausgangstest	
	MW (± SD)	MW (± SD)	p-Wert
Versuchsgruppe (N = 35)	28,91 (± 55,91)	38,82 (± 29,27)	,323
Kontrollgruppe (N = 41)	42,23 (± 39,30)	37,90 (± 47,53)	

3.4.6.3 Inhibitionsleistung – mehrzeilige Bedingungen

Die Berechnung dieser Variable wird in Kap. 3.4.4.3 Inhibitionsleistung – mehrzeilige Bedingungen“ beschrieben.

Die Ergebnisse verzeichnen einen leichten Rückgang der Inhibitionsleistung zwischen Eingangstest und Ausgangstest sowohl bei der Versuchs- als auch bei der Kontrollgruppe (vgl. Abb 16 und Tab 19). Die beiden Testzeitpunkte unterscheiden sich nicht signifikant ($p = ,518$) voneinander. Zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe besteht ebenfalls kein signifikanter Unterschied ($p = 631$).

Die Ergebnisse deuten, wie schon bei den einzeiligen Bedingungen, auf keinen längerfristigen Effekt des Kurzturnens auf die Inhibitionsleistung bei mehrzeiligen Bedingungen hin.

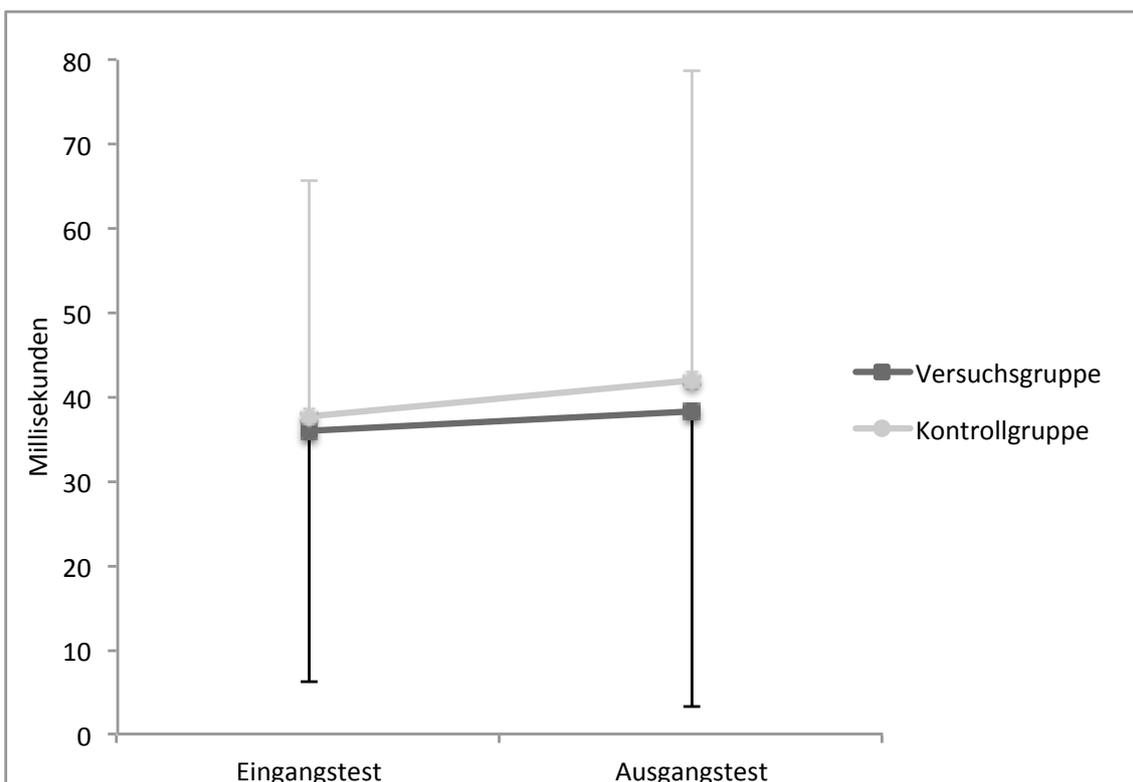


Abb 16 Langzeiteffekt der Inhibitionsleistung bei mehrzeiligen Bedingungen

Tab 19 Werte zum Ergebnis des Langzeiteffekts der Inhibitionsleistung bei mehrzeiligen Bedingungen (Inhibition_mehrz)

Inhibition_mehrz			
	Eingangstest MW (\pm SD)	Ausgangstest MW (\pm SD)	p-Wert
Versuchsgruppe (N = 35)	35,98 (\pm 29,87)	38,28 (\pm 35,02)	,631
Kontrollgruppe (N = 41)	37,69 (\pm 27,87)	41,93 (\pm 36,76)	

3.4.7 Ergebnisse – Fragebogen zum „Kurzturnen“

Die Fragen werden folglich mit F1, F2,...F11 bezeichnet. An der Befragung zum Kurzturnen nahmen nur die SchülerInnen der Versuchsklassen teil, da in den Kontrollklassen keine Bewegungsprogramme durchgeführt wurden.

Die Fragen 1, 5 und 7 dienten dazu die subjektiv wahrgenommenen Effekte des Kurzturnens aus SchülerInnensicht zu erfragen.

Beinahe 80% der SchülerInnen haben angegeben, dass das Kurzturnen sie nicht in ihrer Aufmerksamkeit während des Unterrichts negativ beeinflusst hat. Nur 13,79% der SchülerInnen antworteten auf die Frage „Das Kurzturnen hat meine Aufmerksamkeit im Unterricht gestört.“ mit *trifft eher zu*, gar nur 6,9% geben an, dass dies gänzlich zutrifft (vgl. Abb 17 „Das Kurzturnen hat meine Aufmerksamkeit im Unterricht gestört.“ N = 29 Tab 20).

Die Ergebnisse zur Frage 7 „Nach dem Kurzturnen fühlte ich mich müde und wenig aufnahmefähig.“ zeigen, dass nur etwa 13% der SchülerInnen dieser Aussage eher oder ganz zustimmten. Die restlichen 87% empfanden das Kurzturnen eher oder überhaupt nicht ermüdend (vgl. Abb 19 und Tab 20). Fast 41% gaben sogar an, dass sie dem Unterricht nach dem Kurzturnen eher besser folgen konnten, für circa 7% der SchülerInnen trifft dies sogar völlig zu (vgl. Abb 18 „Nach dem Kurzturnen fiel es mir leichter dem Unterricht zu folgen.“ N = 32 Tab 20). Etwa 53% haben diesen Effekt der Bewegung fast oder überhaupt nicht wahrnehmen können.

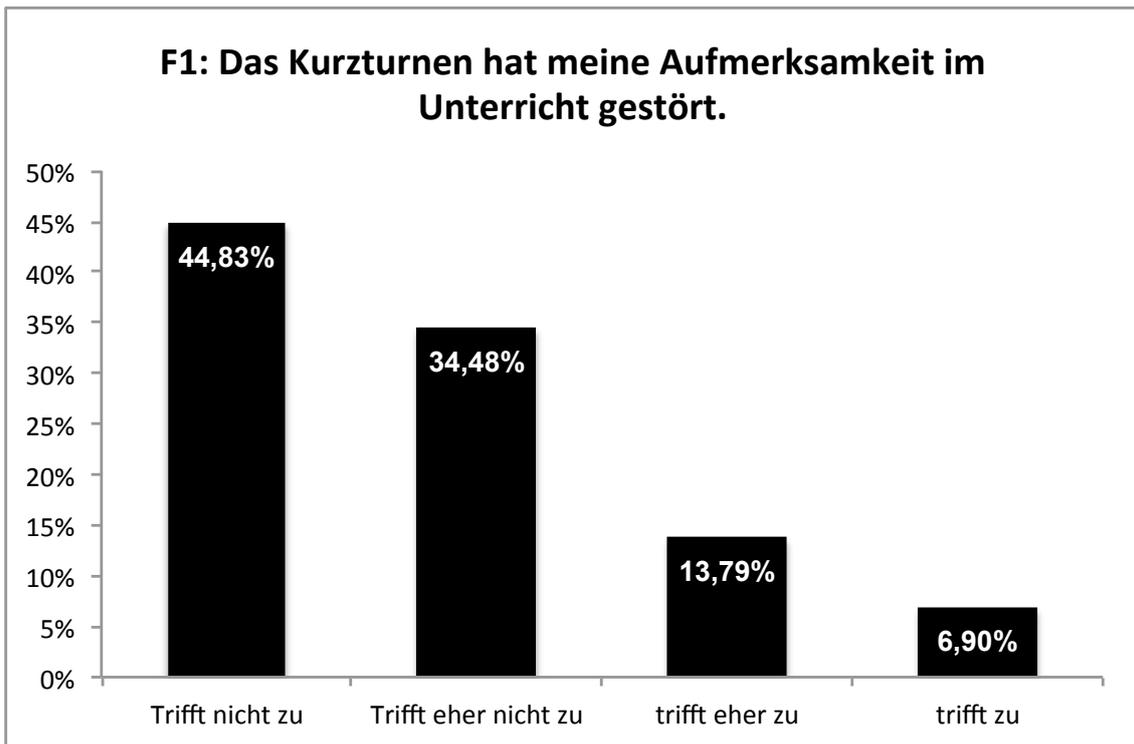


Abb 17 „Das Kurzturnen hat meine Aufmerksamkeit im Unterricht gestört.“ N = 29

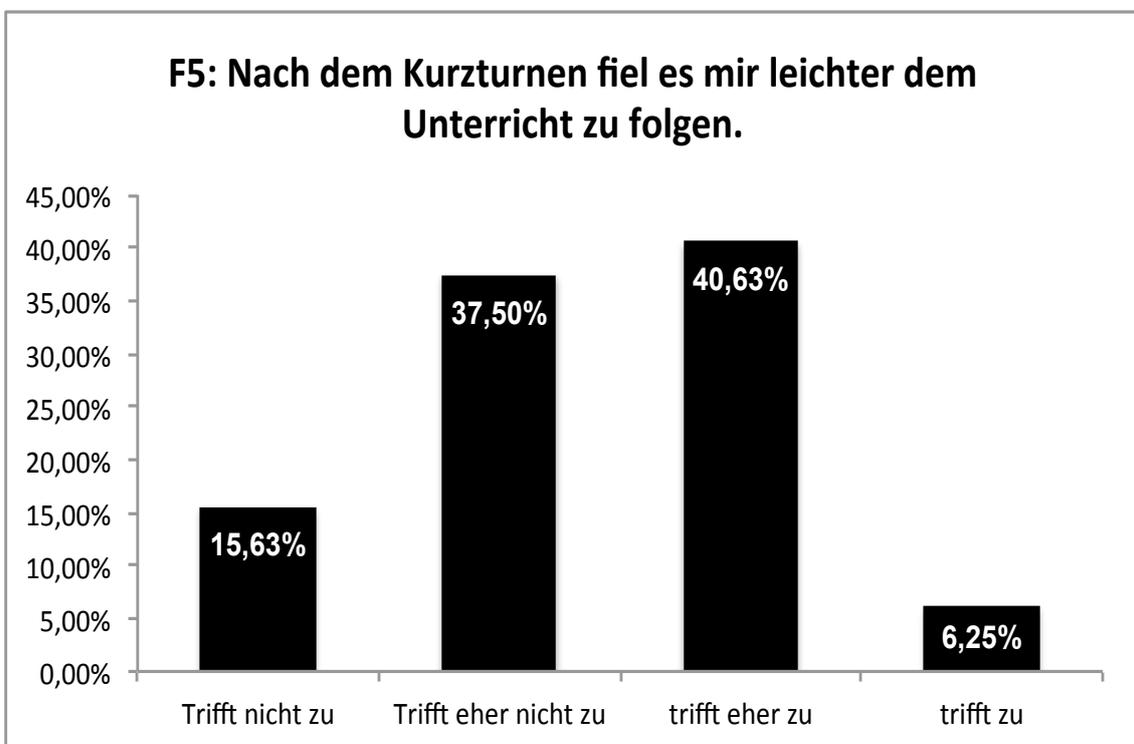


Abb 18 „Nach dem Kurzturnen fiel es mir leichter dem Unterricht zu folgen.“ N = 32

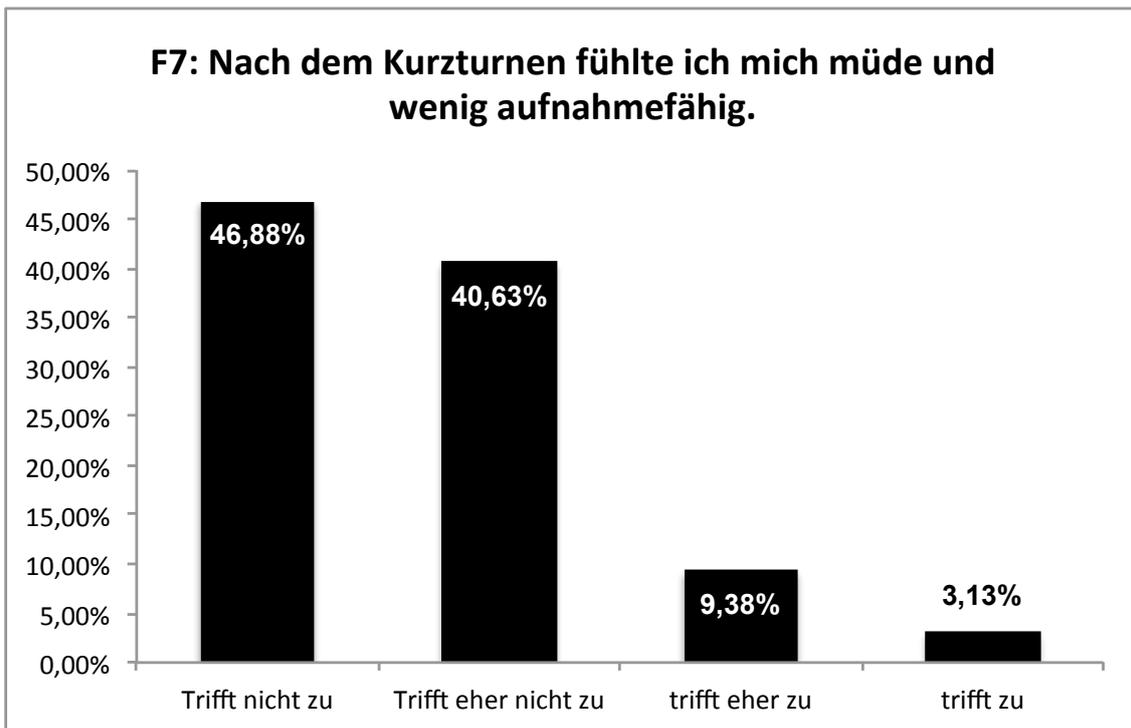


Abb 19 „Nach dem Kurzturnen fühlte ich mich müde und wenig aufnahmefähig.“ N = 32

Tab 20 Subjektiv wahrgenommene Effekte des Kurzturnens. Prozentuale Verteilung der Antworten.

	MW (\pm SD)	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu
Frage 1 N = 29	1,83 (\pm 0,91)	44,83%	34,48%	13,79%	6,90%
Frage 5 N = 32	2,38 (\pm 0,82)	15,63%	37,50%	40,63%	6,25%
Frage 7 N = 32	1,69 (\pm 0,77)	46,88%	40,63%	9,38%	3,13%

Mit den Fragen 2,3,4,6 und 8 wurde untersucht, warum die SchülerInnen an den Kurzturnprogrammen teilnahmen und welche Motive sie dazu aufweisen.

Die Ergebnisse zeigen, dass etwa 57% der SchülerInnen angaben, dass sie Spaß am Kurzturnen hatten (35,71% wählten *trifft eher zu*, 21,43% *trifft zu*) (vgl. Abb 20 und Tab 21). Nur knappen 11% bereitete es überhaupt kein Vergnügen und weitere 32,14% gaben an, eher keinen Spaß bei den Bewegungseinheiten gehabt zu haben.

Für mehr als die Hälfte der SchülerInnen (55,17%) trifft es eher oder ganz zu, dass sie an den Kurzturneinheiten nur mitgemacht haben, weil ihre MitschülerInnen auch mitgemacht haben. Circa 17% empfinden es als überhaupt nicht entscheidend, ob die MitschülerInnen mitmachen oder nicht (vgl. Abb 21 und Tab 21).

Die Ergebnisse zur Frage 4 „Ich habe nur mitgemacht, weil ich sonst ein schlechtes Gewissen gehabt hätte, weil es mir unangenehm gewesen wäre nicht mitzutun.“ zeigen, dass dieser Aussage nur ungefähr 20% der SchülerInnen eher oder ganz zustimmen. Für fast 52% trifft dieser Grund zur Teilnahme überhaupt nicht zu (vgl. Abb 22 und Tab 21).

Für die Mehrheit der SchülerInnen (56,26%) ist das Wissen, „dass es gut für mich ist“ eines der Motive zur Teilnahm am Kurzturnen (vgl. Abb 23 und Tab 21). Für etwa 31% war dies eher kein Grund zum Mitmachen, für fast 13% spielte diese Motivation überhaupt keine Rolle.

Der Aussage „Ich habe nur mitgemacht, weil ich musste.“ stimmten genau 50% der SchülerInnen eher oder ganz zu. Für 31,25% spielte dieser Grund eher keine so Rolle und 18,75% der SchülerInnen lehnten diese Aussage völlig ab (vgl. Abb 24 und Tab 21).

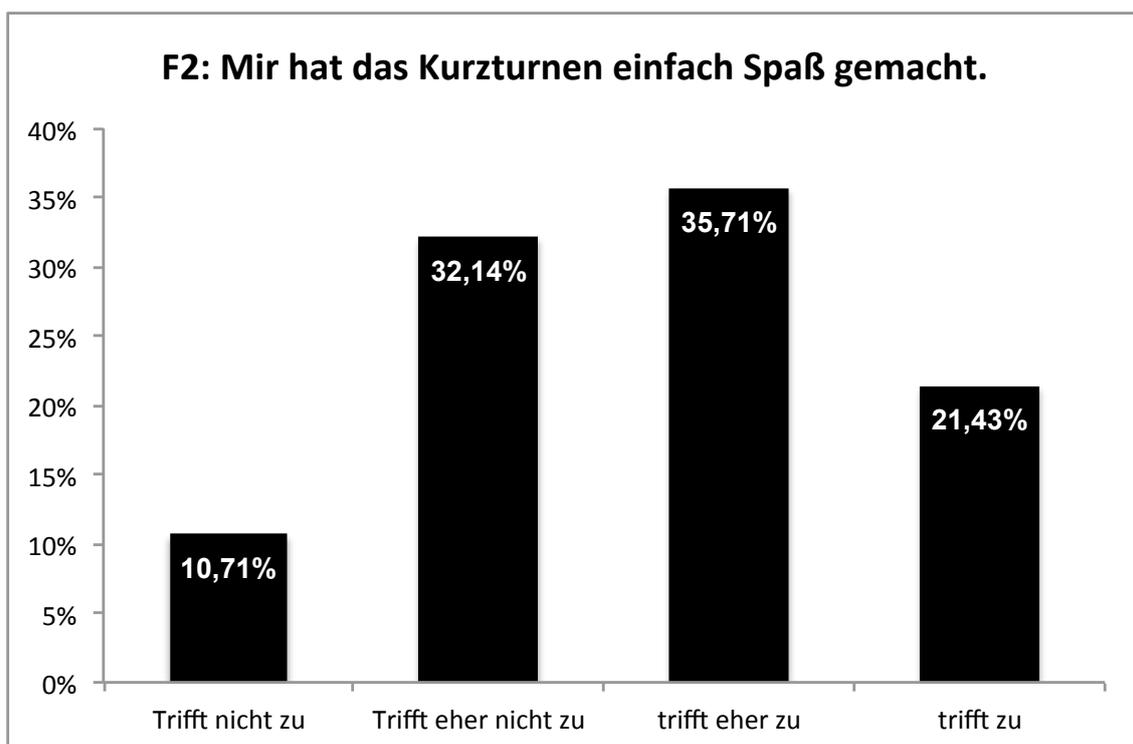


Abb 20 „Mir hat das Kurzturnen einfach Spaß gemacht.“ N = 28

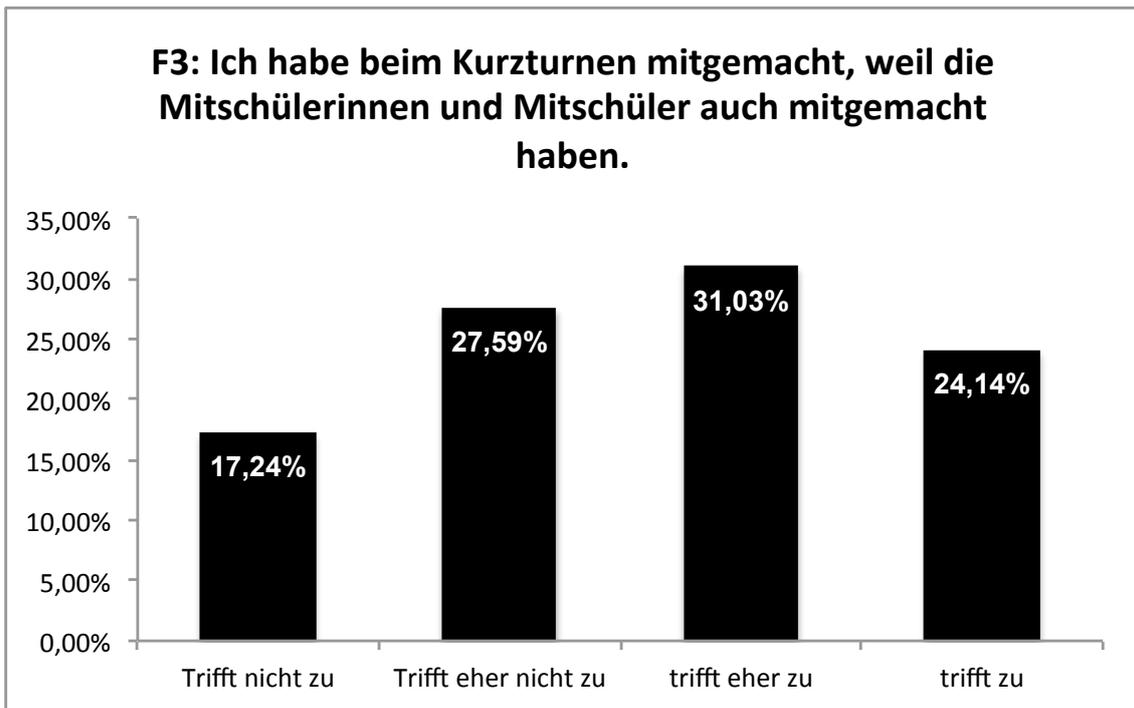


Abb 21 „Ich habe beim Kurzturnen mitgemacht, weil die Mitschülerinnen und Mitschüler auch mitgemacht haben.“ $N = 29$

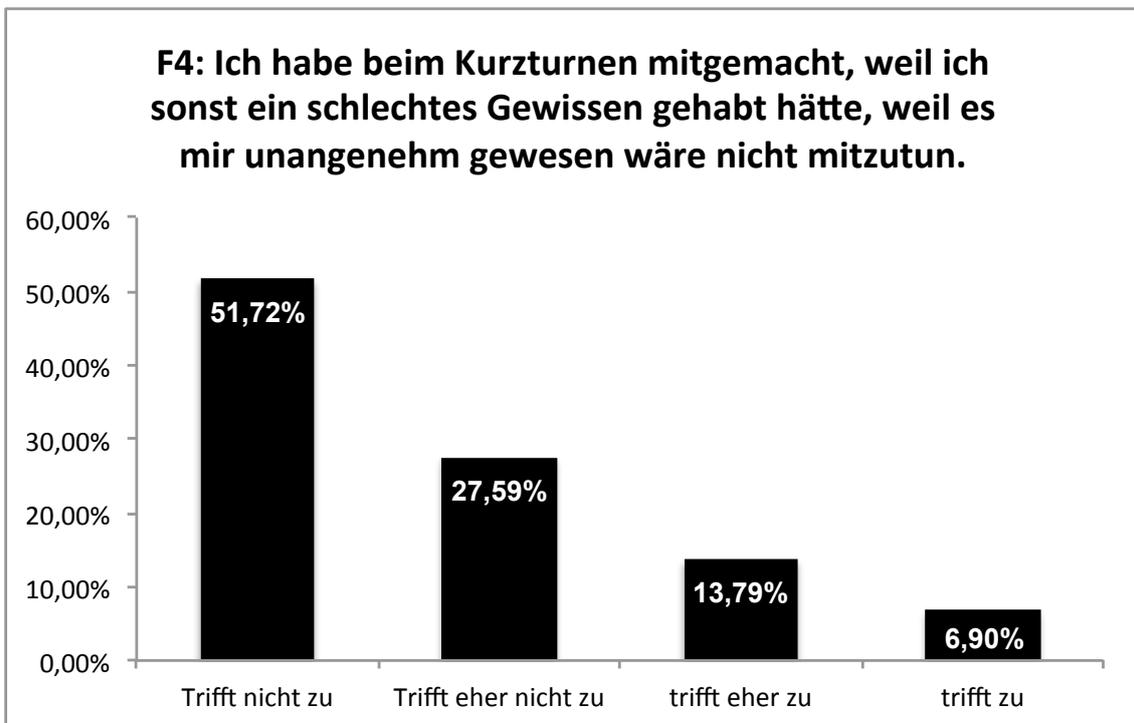


Abb 22 „Ich habe beim Kurzturnen mitgemacht, weil ich sonst ein schlechtes Gewissen gehabt hätte, weil es mir unangenehm gewesen wäre nicht mitzumachen.“ $N = 29$

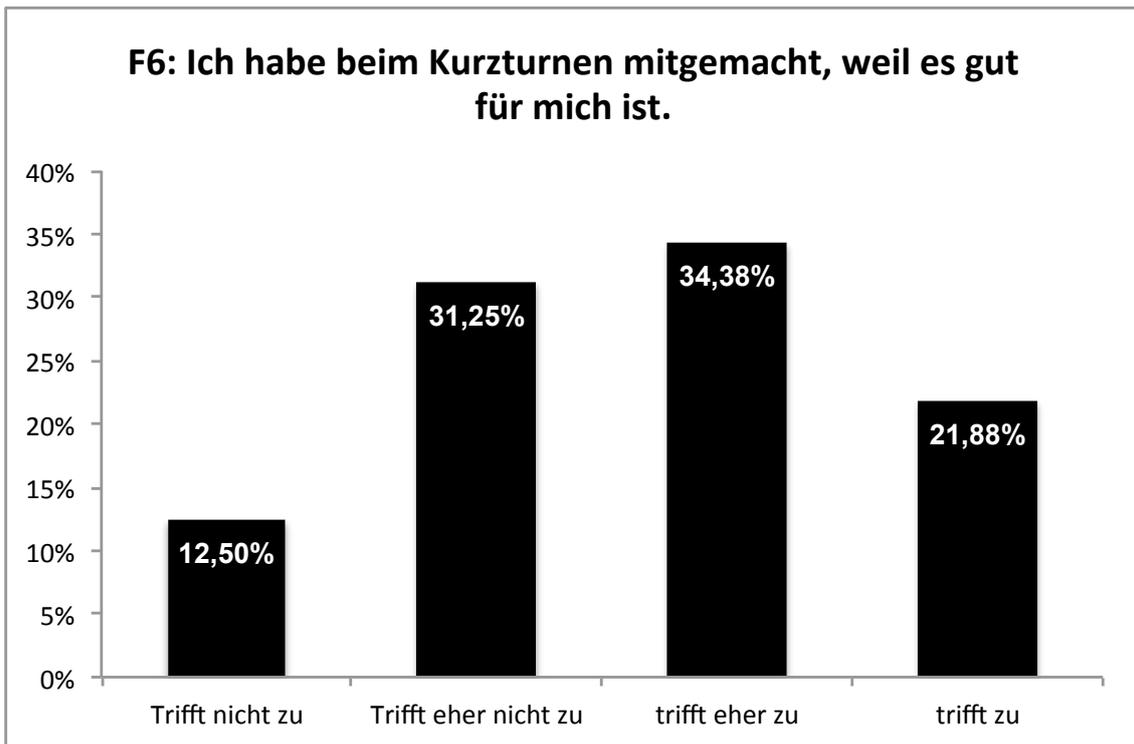


Abb 23 „Ich habe beim Kurzturnen mitgemacht, weil es gut für mich ist.“ $N = 32$

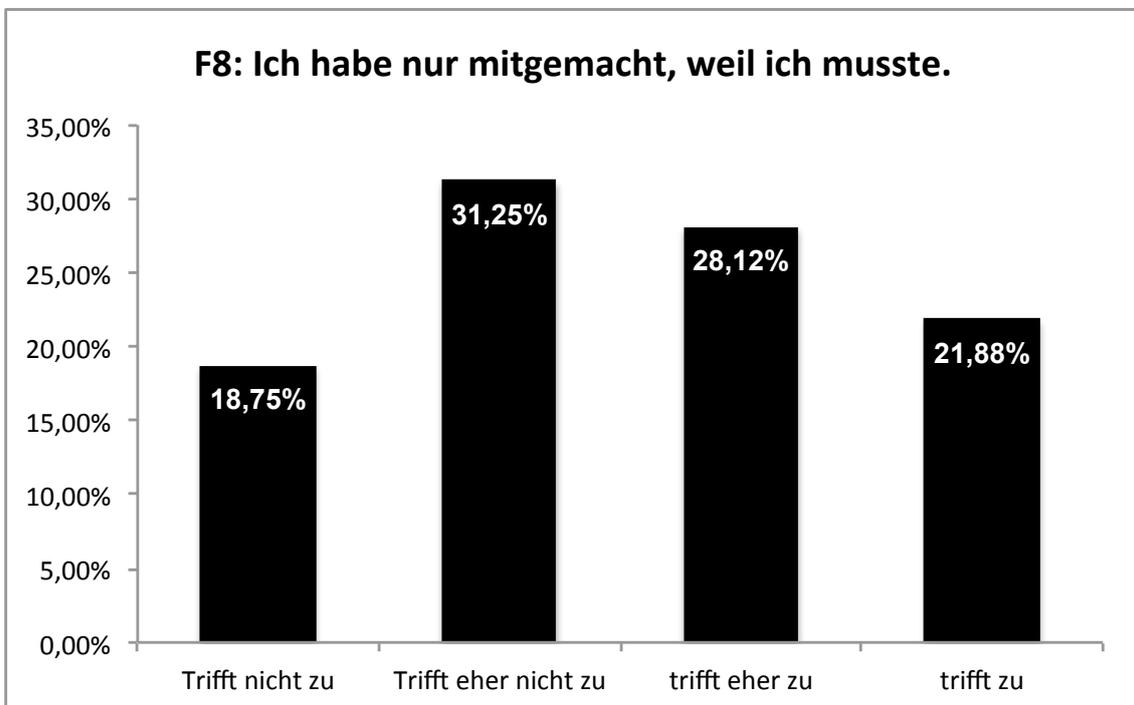


Abb 24 „Ich habe nur mitgemacht, weil ich musste.“ $N = 32$

Tab 21 Welche Motivation ließ die SchülerInnen am Kurzturnen teilzunehmen? Prozentuale Verteilung der Antworten.

	MW (\pm SD)	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu
Frage 2 N = 28	2,68 (\pm 0,93)	10,71%	32,14%	35,71%	21,43%
Frage 3 N = 29	2,62 (\pm 1,03)	17,24%	27,59%	31,03%	24,14%
Frage 4 N = 29	1,76 (\pm 0,93)	51,72%	27,59%	13,79%	6,90%
Frage 6 N = 32	2,66 (\pm 0,96)	12,50%	31,25%	34,38%	21,88%
Frage 8 N = 32	2,53 (\pm 1,03)	18,75%	31,25%	28,12%	21,88%

Die Fragen 9, 10 und 11 dienen dazu herauszufinden, wie aktiv die SchülerInnen an den Kurzturnprogrammen teilgenommen haben.

Die Werte zur Frage 10 zeigen, dass sich mehr als 90% der SchülerInnen generell am Kurzturnen beteiligt haben. Nur knappe 10% geben an eher nicht oder nicht bei den Bewegungsprogrammen mitgemacht zu haben (vgl. Abb 26 und Tab 22 Wie aktiv haben sich die SchülerInnen am Kurzturnen beteiligt? Prozentuale Verteilung der Antworten.). Dieses Ergebnis ist für die Untersuchung sehr wichtig, denn ein hoher Anteil an inaktiven SchülerInnen der Versuchsklassen könnte die Untersuchungsergebnisse verfälschen.

Bei Betrachtung der Ergebnisse zur Frage 9 „Ich habe die Übungen aufmerksam und genau ausgeführt.“ lässt sich feststellen, dass fast 85% der SchülerInnen eher oder ganz zustimmen. Nur für circa 15% trifft dies eher nicht oder nicht zu (vgl. Abb 25 und Tab 22). Auch bei Frage 11 zeigt sich ein sehr ähnliches Bild. 75% der TeilnehmerInnen geben an immer bzw. fast immer aktiv und engagiert mitgemacht zu haben. Nur für ein Viertel trifft dies eher nicht (15,63%) oder gar nicht (9,38%) zu (vgl. Abb 27 und Tab 22)

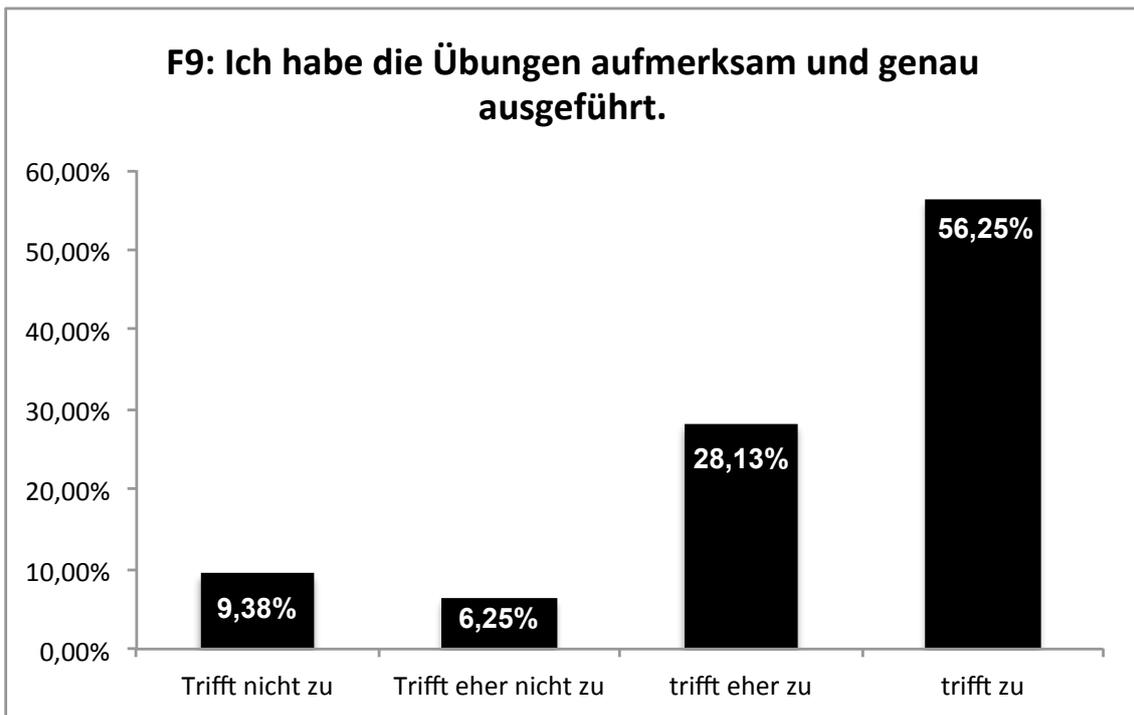


Abb 25 „Ich habe die Übungen aufmerksam und genau ausgeführt.“ N = 32

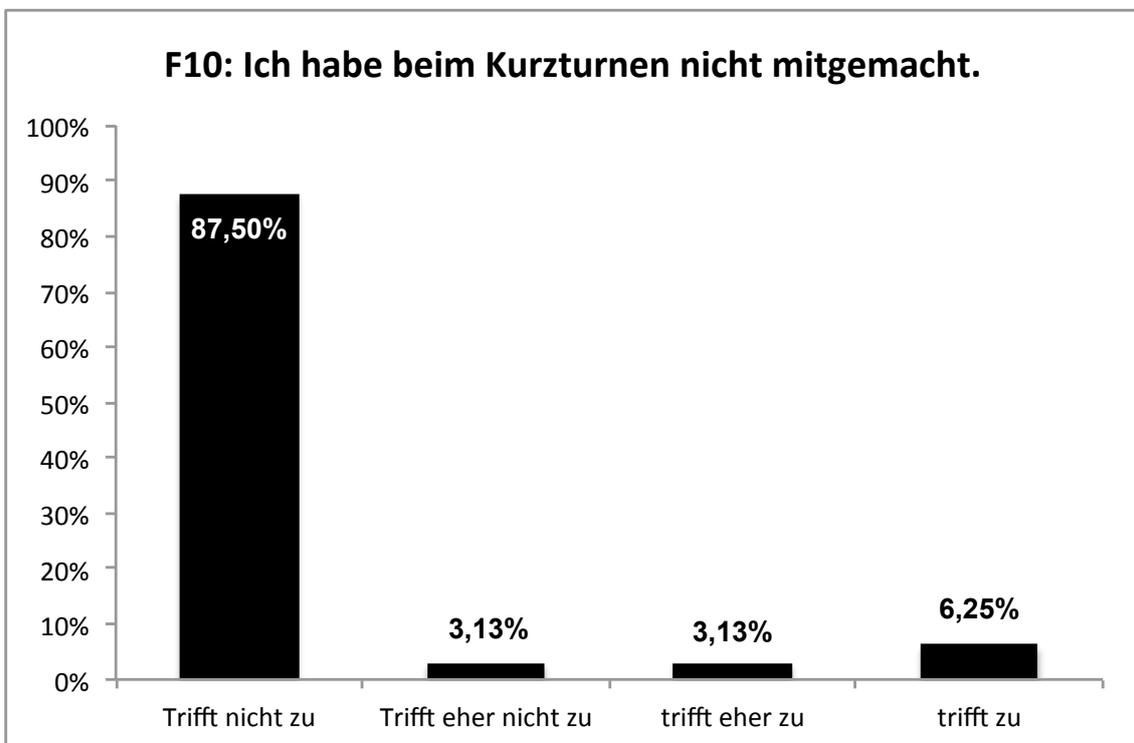


Abb 26 „Ich habe beim Kurzturnen nicht mitgemacht.“ N = 32

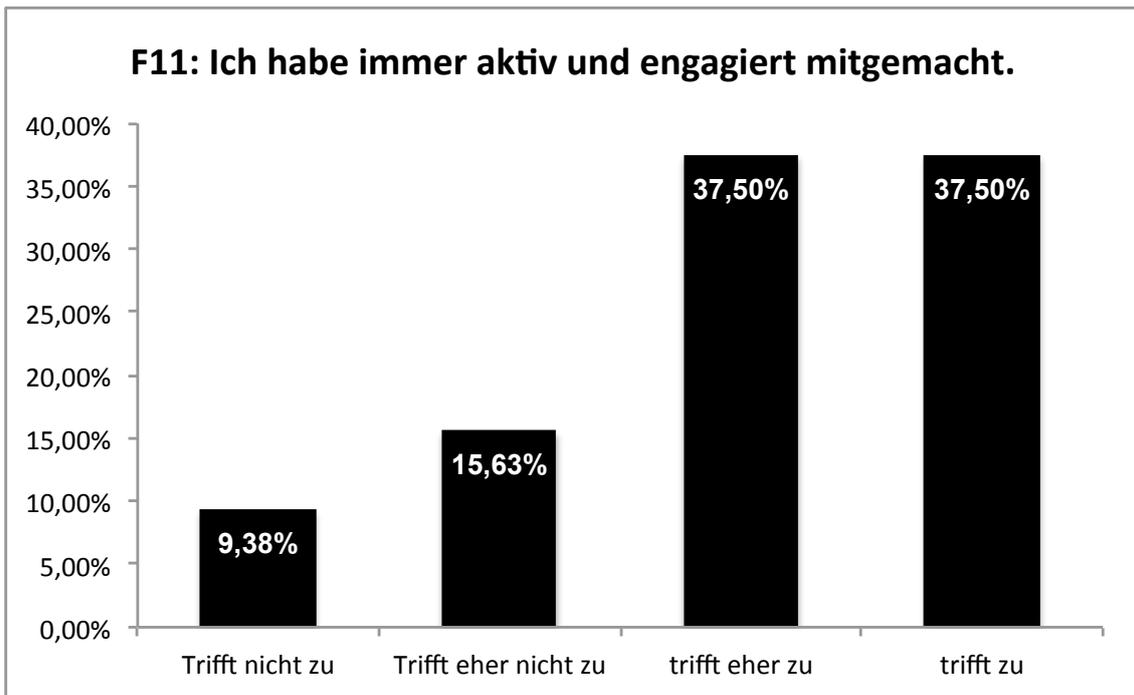


Abb 27 „Ich habe immer aktiv und engagiert mitgemacht.“ $N = 32$

Tab 22 Wie aktiv haben sich die SchülerInnen am Kurzturnen beteiligt? Prozentuale Verteilung der Antworten.

	MW (\pm SD)	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu
Frage 9 $N = 32$	3,31 (\pm 0,95)	9,38%	6,25%	28,13%	56,25%
Frage 10 $N = 32$	1,28 (\pm 0,80)	87,50%	3,13%	3,13%	6,25%
Frage 11 $N = 32$	3,03 (\pm 0,95)	9,38%	15,63%	37,50%	37,50%

3.5 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

In diesem Teil der Arbeit wird nun versucht darzustellen, welche Interpretationen die Ergebnisse zulassen und wie sich diese auf die formulierten Hypothesen auswirken.

Gleich zu Beginn kann anhand der Ergebnisse zu den möglichen Einflussgrößen (Vereinsaktivität, Freizeitaktivität, Note in Bewegung & Sport, sportlicher Vergleich mit MitschülerInnen) festgestellt werden, dass es dabei keinen signifikanten Unterschied zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe gibt. Die Ergebnisse lassen sich so interpretieren, dass in den beiden Gruppen ein etwa gleiches Niveau an sportlicher Fitness bei den SchülerInnen herrscht. Dies ist besonders aufgrund des scheinbar großen Einflusses des Fitnesslevels von Personen auf deren exekutive Leistungsfähigkeit (Engelhardt et. al., 2010; Kubesch & Walk, 2009) sehr wichtig, da ansonsten die Untersuchungsergebnisse um diesen Einflussfaktor bereinigt werden müssten.

Für diese Untersuchung kann somit der Faktor „sportliche Fitness“ als mögliche Gefahr für die Verfälschung der Ergebnisse ausgeschlossen werden.

Auch bezüglich der kognitiven Aktivierung sind keine Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe zu finden, was auf gleiche Ausgangsbedingungen schließen lässt. Außerdem zeigen die Ergebnisse, dass bei der Ausgangstestung ein signifikanter Zusammenhang zwischen der kognitiven Aktivierung und der Gesamtfehleranzahl besteht ($p = ,031$). Umso besser also die kognitive Aktivierung, umso weniger Fehler wurden gemacht ($r = -,248$). Auch bei der Inhibitionsleistung in mehrzeiligen Bedingungen konnte eine signifikanter Verbindung ($p = ,035$) festgestellt werden, jedoch nimmt hier die Leistung mit steigender kognitiver Aktivierung ab ($r = ,247$), was gegen die Erwartungen spricht und wofür sich eine Erklärung schwer finden lässt. Da bei allen anderen Aufgabenbedingungen kein Zusammenhang festgestellt werden konnte, lässt sich erkennen, dass die kognitive Aktivierung nicht so viel Einfluss auf die Ergebnisse hat, wie anzunehmen wäre. Warum sich die beiden signifikanten Korrelationen nur beim Ausgangstest und nicht beim Eingangstest finden lassen, können wir mit den Daten dieser Untersuchung nicht erklären. Eine mögliche Begründung wäre, dass die SchülerInnen keine Erfahrung dabei haben ihre Aktivierung zu beurteilen und diese subjektive Entscheidung vielleicht vielen schwer gefallen ist. Daher könnte sich die persönliche Einschätzung der SchülerInnen als

nicht besonders genau herausstellen, was die unterschiedlichen Ergebnisse zumindest etwas erklären würde.

3.5.1 Akute Auswirkungen

Im Zuge der Eingangstestung lassen sich keine Hinweise darauf finden, dass ein 5-minütiges Bewegungsprogramm akute positive Auswirkungen auf die exekutiven Funktionen der SchülerInnen hat. Die SchülerInnen der Versuchsgruppe führten etwa 20 Minuten nach dem Kurzturnen die zweite Testung durch und machten dabei durchschnittlich signifikant mehr Fehler, was auch bei der Kontrollgruppe festgestellt werden kann (vgl. Tab 11). Auch die Inhibitionsleistung in einzeiligen sowie in mehrzeiligen Bedingungen verschlechterte sich nach dem Bewegungsprogramm (vgl. Tab 12 und Tab 13), während die Kontrollgruppe ihre Inhibition in beiden Konditionen leicht verbessern konnte. Beide Veränderungen sind aber nicht signifikant. Die statistischen Berechnungen zeigen, dass auch der Unterschied zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe nicht signifikant ist.

Bei der Ausgangstestung findet man ein fast identisches Bild bezüglich der Ergebnisse zu den akuten Auswirkungen. Die Gesamtfehleranzahl steigt hochsignifikant an (vgl. Tab 14) und die Inhibitionsleistung in einzeiligen und in mehrzeiligen Bedingungen verschlechtert sich (vgl. Tab 15 und Tab 16), jedoch nicht signifikant. Die Kontrollgruppe zeigt nach dem Unterricht eine etwas bessere Inhibition bei einzeiligen Aufgaben.

Die Ergebnisse deuten demnach darauf hin, dass das 5-minütige Bewegungsprogramm keinen Effekt auf die exekutive Leistungsfähigkeit hat. Es muss also hier die Nullhypothese (H_0) angenommen werden: „Eine 5-minütige Bewegungseinheit führt zu keiner akuten Steigerung der exekutiven Leistungsfähigkeit.“

Es lässt sich natürlich nicht ausschließen, dass die Unterrichtseinheiten zwischen den Testungen einen erheblichen Einfluss auf die Testleistungen haben. Bei näherer Betrachtung der Durchführungsprotokolle (vgl. Kap. 3.3.5 Durchführungsprotokolle) fällt auf, dass sich die Unterrichtsstunden zu den Testzeitpunkten zwischen Versuchs- und Kontrollklassen doch tendenziell unterscheiden. So genossen die SchülerInnen der Kontrollklassen eher interaktive Unterrichtsstile, mit Diskussionen, eigenständigen Arbeitsaufträgen und viel Interaktion zwischen Lehrperson und SchülerInnen. In den Versuchsklassen hingegen wurde hauptsächlich frontal unterrichtet.

Sowohl in der HTL Kuchl als auch in Salzburg bestanden diese Stunden vor allem aus Lehrervorträgen, Schülerreferaten (hier ist zwar ein einzelner aktiv, alle MitschülerInnen horchen aber nur zu) und Filmsequenzen. Dies könnte vielleicht ein Grund sein, dass die Testleistungen der Kontrollklassen durch die allgemein höhere Aktivierung positiv beeinflusst wurden.

Die Vergleiche der Variable „Kognitive Aktivierung“ zwischen den beiden Gruppen sprechen jedoch nicht für eine solche Verfälschung. Zu keinem Testzeitpunkt lassen sich Unterschiede in der kognitiven Aktivierung zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe finden, was auf gleiche kognitive Ausgangsbedingungen der beiden Gruppen hindeutet.

Möglicherweise sind fünf Minuten Bewegung einfach zu kurz, um sich bereits auf die exekutive Leistungsfähigkeit von SchülerInnen auszuwirken. Im Zuge meiner Literaturrecherche konnte ich keine vergleichbare Studie finden, die einen kurzzeitigen Effekt von einer so knappen sportlichen Intervention zeigt. Erst ab 10-minütiger Aktivität wurden bereits signifikante Effekte nachgewiesen (vgl. Budde et al., 2008; Kubesch, 2014; Lambourne et al., 2011).

Ein weiterer Grund für das Ausbleiben von positiven Effekten könnte eine zu lange Zeitspanne zwischen Bewegungsintervention und Testung sein. Laut Planung wären 20 Minuten Unterricht nach dem Kurzturnprogramm vorgesehen gewesen, was genau in dem von Chang et al. (2012) genannten Zeitraum zwischen 11 und 20 Minuten nach der Intervention liegt, in dem die stärksten Auswirkungen messbar sein sollen. Danach würden die Wirkungen langsam wieder nachlassen. Vor allem bei den Eingangstestungen war dieser Zeitraum in beiden Versuchsklassen mit 27 und 28 Minuten doch deutlich länger, weil die zeitliche Planung mit der Unterrichtsgestaltung der Lehrpersonen abgestimmt werden musste und diese nicht Themen mittendrin abreißen wollten. Es könnte also sein, dass hier ein Teil der Effekte des Kurzturnens nicht mehr nachgewiesen werden konnten.

Die Ergebnisse der Fragebögen zum Kurzturnen ermöglichen es uns noch einen Blick auf die subjektiv wahrgenommenen Effekte der Bewegung zu werfen. Es lässt sich erkennen, dass fast die Hälfte der SchülerInnen (46,88%) aus den Versuchsklassen der Meinung ist, dass sie dem Unterricht nach den 5-minütigen Bewegungsprogrammen besser folgen konnten. Weniger als 20% geben an, dass sie das Kurzturnen müde oder unaufmerksam gemacht hat. Die subjektive Bewertung der

SchülerInnen würde also schon darauf schließen lassen, dass die Bewegung zu einer Steigerung der allgemeinen und somit auch kognitiven Aktivierung beiträgt.

Gründe für die teilweise negativen Tendenzen bei Gesamtfehleranzahl und Inhibitionsleistung in der Versuchsgruppe sind aus meiner Sicht sehr schwer zu finden. Kubesch (2007) erwähnt, dass es für die positive Wirkung von körperlicher Aktivität auf die exekutiven Funktionen entscheidend ist, dass die Bewegung freiwillig erfolgt. Bei erzwungenen Interventionen könne die Ausschüttung von Stresshormonen sogar zu einer negativen Auswirkung auf kognitive Fähigkeiten führen. Möglicherweise liefert das eine Erklärung für die Verschlechterung der Leistungen bei der Versuchsgruppe, da das Kurzturnen für die SchülerInnen nicht wirklich als freiwillig angesehen werden kann. Ob es aber einen derart erzwungenen Charakter aufwies, dass es eine Stresssituation für die SchülerInnen darstellte, würde ich eher bezweifeln. Ein Blick auf die Fragebögen zum Kurzturnen eröffnet uns die Meinung der SchülerInnen. Auf etwa ein Fünftel der SchülerInnen trifft es zu, dass sie nur mitgemacht haben, weil sie mussten. Für weitere 28% trifft dies eher zu (vgl. Abb 24). Dieses Ergebnis würde bedeuten, dass die Bewegungseinheiten für die Hälfte tatsächlich einen erzwungenen Charakter aufwiesen. Auch bei den Fragen, ob ihnen das Kurzturnen Spaß gemacht hat, ob sie mitgemacht haben, weil es gut für sie ist und ob sie nur mitgemacht haben, weil die MitschülerInnen es auch gemacht haben, lässt sich eine Spaltung der ProbandInnen erkennen (vgl. Abb 20; Abb 21 und Abb 23). Die eine Hälfte stimmt eher zu, die andere Hälfte eher nicht. Ein schlechtes Gewissen, wenn sie nicht mitgemacht hätten, hätten aber nur etwa 20% der ProbandInnen gehabt (vgl. Abb 22). Es wäre also theoretisch möglich, dass bei der Hälfte der SchülerInnen ein molekularbiologischer verursachter, negativer Einfluss durch Stresshormone stattgefunden hat.

3.5.2 Langzeiteffekte

Wie schon bei den akuten Auswirkungen des Kurzturnens sind auch die Ergebnisse zu den längerfristigen Effekten sehr ernüchternd. Weder bei der Gesamtfehleranzahl (vgl. Tab 17), noch bei der Inhibitionsleistung (vgl. Tab 18 und Tab 19) konnten signifikante Werte errechnet werden, die auf eine positive Wirkung der Bewegung hinweisen würden. Tatsächlich unterscheiden sich die Testergebnisse der Eingangstestung

nicht von denen der Ausgangstestung und auch zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe gibt es keinen statistischen Unterschied. Somit muss die Hypothese (H1) „SchülerInnen, die regelmäßig ein 5-minütiges Bewegungsprogramm durchführen, weisen besser ausgeprägte exekutive Funktionen auf.“ eindeutig verworfen werden und die Nullhypothese (H0) angenommen werden: „SchülerInnen, die regelmäßig ein 5-minütiges Bewegungsprogramm durchführen, weisen keine besser ausgeprägten exekutiven Funktionen auf.“

Die kognitive Aktivierung als möglicher Grund für ein schlechtes Testergebnis lässt sich auch hier wieder ausschließen, da sich Versuchs- und Kontrollgruppe dahingehend nicht signifikant unterscheiden. Auch die betrachteten Einflussgrößen (Vereinsaktivität, Freizeitaktivität, Note in Sport & Bewegung, sportlicher Vergleich) zeigen, dass die Ausgangsbedingungen der beiden Gruppen annähernd gleich waren und es hier zu keinen verfälschenden Einflüssen kommen dürfte.

Der Interventionszeitraum von 8 (HTL Kuchl) bzw. 7 (HTL Salzburg) Wochen könnte für die messbare Entwicklung von Effekten zu kurz gewesen sein. Es gibt zwar vereinzelt Studien, welche in ähnlichen Zeiträumen signifikante Ergebnisse finden konnten, wobei die Interventionen dabei meist zwischen 5 und 7 Mal pro Woche durchgeführt wurden (vgl. Best, 2010). Aus organisatorischen Gründen war im Zuge dieser Untersuchung weder ein längerer Testzeitraum noch eine Erhöhung der wöchentlichen Interventionen möglich. Außerdem muss bedacht werden, dass sich der Testzeitraum über die Monate April und Mai erstreckte, in denen viele schulfreie Tage zu finden sind. So waren 4 der 8 Wochen durch Feiertage verkürzt. Im Gespräch mit den Lehrpersonen gaben sie an, dass es dadurch oft schwer war eine regelmäßige Durchführung des Kurzturnens zu gewährleisten. Sie bestätigten aber, dass die Versuchsklassen jede Schulwoche 3x ein Kurzturnprogramm ausführten. Alles in allem ist es denkbar, dass Faktoren der zeitlichen Planung der Untersuchung den Nachweis der Wirkung des Kurzturnens erschwert haben.

Denkbar wäre auch, dass fünf Minuten Bewegung einfach zu kurz sind, um langfristige Effekte erkennen zu lassen. Im Zuge meiner Literaturrecherche gelang es mir nicht eine vergleichbare Studie zu finden. Bei Langzeiteffekten ist oft die Steigerung der körperlichen Fitness der ausschlaggebende Faktor für die Auswirkungen auf die exekutive Kontrolle (Kubesch & Walk, 2009). Mit 5 Minuten Training drei Mal pro

Woche ist dies auch aus trainingswissenschaftlicher Sicht kaum möglich (Hohmann et al., 2010).

Eine weitere Überlegung geht hin zu den Inhalten der Kurzturnprogramme. Wie in Kap. 3.1 Projekt „Kurzturnen“ erläutert, setzen sich die Interventionen aus einer ausgeglichen Auswahl an koordinativen, kräftigenden und aktiv dehnenden Übungen zusammen. Da Krafttraining laut Diamond & Lee (2014) keine Auswirkungen auf die exekutive Leistungsfähigkeit haben soll und auch für Dehnungsübungen kein solcher Nachweis vorliegt, bleiben nur noch die koordinativen Übungen. Den Zusammenhang von koordinativer Fitness und Inhibition bzw. Arbeitsgedächtnis konnten Kane et al. in ihrer Untersuchung 2012 bereits nachweisen. Es scheint jedoch, dass weniger als 5 Minuten koordinatives Training drei Mal pro Woche zu wenig ist, um diesen Effekt hervorzurufen.

Schließlich lassen sich noch die Ergebnisse der Fragebögen zum Kurzturnen auf mögliche Begründungen für den ausbleibenden Effekt untersuchen. Hier spielen vor allem jene Fragen eine Rolle, welche sich auf die aktive Teilnahme der SchülerInnen bei den Bewegungsprogrammen beziehen, denn diese ist Voraussetzung für das Zustandekommen eines Effekts. 90% der VersuchsschülerInnen geben an bei den Kurzturnprogrammen teilgenommen zu haben, weitere 85%, dass sie die Übungen aufmerksam und genau ausgeführt haben und 75% haben so gut wie immer aktiv und engagiert mitgemacht. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass sich die Mehrheit der SchülerInnen bemüht und aktiv an der Bewegung beteiligt hat und es erscheint eher unwahrscheinlich, dass hier Gründe für das Ausbleiben der Effekte auf die exekutiven Funktionen zu finden sind.

3.6 Kritische Anmerkungen

Wie schon an manchen Stellen der Arbeit erwähnt gibt es einige Kritikpunkte zur Untersuchung, welche teilweise aufgrund von organisatorischen Gründen nicht vermeidbar waren oder aber in der Planung übersehen und erst im nachhinein aufgekommen sind. Inwiefern sich die folgenden Punkte auf die Testergebnisse auswirken ist kaum abzuschätzen, kann aber auf keinen Fall ausgeschlossen werden. Bei der Interpretation der Ergebnisse sollte dies immer mitbedacht werden.

Zu Beginn sei noch einmal erwähnt, dass es sich bei den Daten um einen vorläufigen Datensatz handelt. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich darin noch fehlerhafte Testwerte befinden, welche die Ergebnisse verfälschen können.

Es muss vermerkt werden, dass für die Testungen unterschiedlichste Laptops verwendet wurden, da es nicht möglich war eine derart große Anzahl derselben Geräte zu beschaffen. Folglich waren auch die Bildschirmgrößen nicht ident, woraus sich Unterschiede in der Größe der dargestellten Reize ergaben. Es wäre möglich, dass sich die Größe der Reize auf die Reaktionszeiten auswirkt. Die SchülerInnen verwendeten nicht zwingend immer denselben Laptop.

Die laut Durchführungsplan vorgesehene Dauer der Unterrichtsblöcke im Zuge der Testungen konnten nicht immer exakt eingehalten werden, da eine Anpassung an das Vorhaben der Lehrpersonen nötig war. So war die Zeit zwischen dem Kurzturnprogramm und der zweiten Testung in den Versuchsklassen vor allem bei der Eingangstestung meist etwas länger, sodass die Wirkung der Bewegung möglicherweise nicht mehr voll erfasst werden konnte. Auch bei den Kontrollklassen wurden teilweise zwischen den Testungen länger oder kürzer als 40 Minuten unterrichtet.

Während der Testdurchgänge herrschte meist ein leichter Lärmpegel durch die nicht beschäftigten SchülerInnen, welcher die Konzentration der arbeitenden SchülerInnen möglicherweise gestört hat.

Die Test Re-Test Korrelationen lassen vermuten, dass in den einzelnen Klassen die Tests mit recht unterschiedlicher Aufmerksamkeit durchgeführt worden sind.

Bei der zweiten Testung des Ausgangstestes gab es ein Problem mit dem Testprogramm, wodurch sich der Flanker-Test nur auf einigen wenigen Laptops abspielen ließ. Durch die Komplikationen kam es vor, dass einige SchülerInnen den Test zwei

Mal ausführen mussten, wodurch einige schon etwas genervt wirkten. Außerdem nahm der Testdurchgang um einiges mehr Zeit in Anspruch, was Wartezeiten für die ProbandInnen entstehen ließ.

In den Untersuchungszeitraum von April bis Mai 2015 fielen sehr viele schulfreie Tage, sodass 4 der 8 Wochen verkürzt waren und so ein regelmäßiges Ausführen des Kurzturnens oft schwer war. Dies könnte den Effekt verringern.

3.7 Fazit und Ausblick

Im Zuge dieser Arbeit wurde versucht das Thema rund um die Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf die exekutive Leistungsfähigkeit ausführlich und mit Informationen aus verschiedenen wissenschaftlichen Bereichen zu beleuchten. Das Ziel der Untersuchung war es herauszufinden, ob 5-minütige Kurzturnprogramme Auswirkungen auf die exekutiven Funktionen von SchülerInnen haben. Nach der ausführlichen Auseinandersetzung mit den Ergebnissen lässt sich zusammenfassend feststellen, dass keine Effekte der 5-minütigen Bewegungseinheit auf die exekutiven Funktionen von SchülerInnen gefunden werden konnten, weder kurzfristig, noch langfristig.

Es deutet vieles darauf hin, dass 5 Minuten Bewegung drei Mal pro Woche zu wenig ist, um messbare Wirkungen entstehen zu lassen. Anhand der SchülerInnenfragebögen lässt sich jedoch erkennen, dass die Mehrheit von ihnen subjektiv schon Verbesserungen ihrer persönlichen Aufmerksamkeit und Aufnahmefähigkeit wahrgenommen haben. Dies bezieht sich aber nur auf die kurzfristigen Auswirkungen.

Ist es nun sinnvoll derartige Bewegungsprogramme im Unterricht einzusetzen oder wird damit nur wertvolle Zeit verschwendet?

Auch wenn objektiv keine signifikanten Ergebnisse errechnet werden konnten, denke ich trotzdem, dass es hinsichtlich der Daten aus den Fragebögen sinnvoll sein kann kurze Bewegungspausen im Unterricht einzusetzen. Im Gespräch mit den KlassenlehrerInnen gaben auch diese an, dass sie den Eindruck hatten, dass die SchülerInnen nach der Aktivierung wieder konzentrationsfähiger undmunterer gewirkt haben.

Es bedarf im Bereich der Schule noch einer Vielzahl an weiteren Untersuchungen zum Thema Förderung von exekutiven Funktionen. Die Forschung steht hier noch

eher am Beginn. Als nächster Schritt wäre es wichtig herauszufinden, wie lang und intensiv Bewegungspausen in der Schule sein müssen, um positive Effekte auf die exekutive Leistungsfähigkeit zu bewirken. Erst dann ist es sinnvoll zu überlegen, auf welche Art und Weise derartige körperliche Aktivität sinnvoll in den Schulalltag implementiert werden kann.

Forschung in der Schule ist meist komplizierter als in Labors unter standardisierten Bedingungen. Man muss sich in ein laufendes System einbinden, möglichst ohne die dort herrschenden Bedingungen zu verändern, hat sich an räumlichen und zeitlichen Vorgaben zu orientieren und der Aufwand zur Durchführung der Testung (Transport und Aufbau der Materialien, etc.) ist dazu oftmals um ein Vielfaches höher. Darüberhinaus gibt es im Schulalltag eine hohe Anzahl an Umweltbedingungen, welche eine Testung beeinflussen können. Etwa der Lärmpegel durch andere Klassen, Unterrichtsinhalte und –methoden, LehrerInnen und deren unterschiedliche Unterrichtsstile, bevorstehende Tests oder Schularbeiten und noch vieles mehr. Es ist daher nicht verwunderlich, dass verhältnismäßig wenig Untersuchungen an Schulen vorliegen.

Gerade in einer Zeit, in der Leistung, Kompetenzen und Qualifikationen bereits im Schulalter eine enorme Rolle spielen, sollte jedoch erforscht werden wie die SchülerInnen diese enormen Anforderungen bestehen können. Durch den hohen Zusammenhang zwischen schulischer und akademischer Leistung und der exekutiven Kontrollfähigkeit von SchülerInnen, wären Untersuchungen zu diesem Themenbereich besonders sinnvoll.

Außerdem bietet die Verbindung zwischen körperlicher Aktivität und exekutiven Funktionen eine enorme Möglichkeit für den Sportunterricht seinen Stellenwert zu erhöhen. Ich denke, man kann gespannt darauf sein, welche Erkenntnisse sich dabei zukünftig noch zeigen werden.

4 Literaturverzeichnis

- Alborn, A.-M.; Björk-Eriksson, T.; Eriksson, P.S.; Gage, F.H.; Nordborg, C.; Perfilieva, E. & Peterson, D.A. (1998). Neurogenesis in the adult human hippocampus. *Nature Medicine*, 4 (11), 1313-1317.
- Allison, J.D.; Austin, B.P.; Davis, C.L.; McDowell, J.E.; Miller, P.H.; Naglieri, J.A.; Tomporowski, P.D. & Yanasak, N.E. (2011). Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: a randomized, controlled trial. *Health Psychology*, 30 (1), 91-98.
- Amso, D.; Anderson, L.C.; Davidson, M.D. & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition and task switching. *Neuropsychologia*, 44, 2037-2078.
- Anderson, M.; Brydges, C.R.; Fox, A.M. & Reid, C.I. (2012). A unitary executive function predicts intelligence in children. *Intelligence*, 40, 458-469.
- Baddeley, Alan. (2012). Working memory: theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, 63, 1-29.
- Barnett, W.S.; Diamond, A.; Munro, S. & Thomas, J. (2007). *Preschool program improves cognitive control*. *Science*, 318, 1387-1388.
- Bellebaum, C.; Daum, I. & Jokisch, D. (2005). Das serotonerge System und Kognition. In Müller, T. & Przuntek, H. (Hrsg.). *Das serotonerge System aus neurologischer und psychiatrischer Sicht*. Darmstadt: Steinkopff.
- Bennett, H.P.; Broe, G.A.; Casey, B.; Creasey, H.; Cullen, J.; Grayson, D.A.; Jorm, A.F. & Wait, L.M. (2008). Health habits and risk of cognitive impairment and dementia in old age: A prospective study on the effects of exercise, smoking and alcohol consumption. *Australian and New Zealand Journal of public health*, 22 (5), 621-623.
- Best, John R. (2010). Effects of physical activity on children's executive function: contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*, 30, 331-351.

- Bjarnason-Wehrens, B.; Büttner, S.; Christ, H.; Coburger, S.; Dordel, S.; Graf, C.; Hollmann, W.; Koch, B.; Klippel, S.; Lehmacher, W.; Platen, P. & Predel, H.-G. (2003). Zusammenhänge zwischen körperlicher Aktivität und Konzentration im Kindesalter – Eingangsergebnisse des CHILT-Projektes. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 54 (9), 242-246.
- Bohlin, Gunilla & Brocki, Karin C. (2004). Executive functions in children aged 6 to 13: a dimensional and developmental study. *Developmental neuropsychology*, 26 (2), 571-593.
- Brandt, M. & Buchner, A. (2008). Gedächtniskonzeptionen und Wissensrepräsentationen. In Müsseler, Jochen (Hrsg.). *Allgemeine Psychologie* (S. 429-466). 2.Auflage. Berlin: Springer Verlag.
- Briand, L.; Diamond, A.; Fossella, J. & Gehlbach, L. (2004). Genetic and neurochemical modulation of prefrontal cognitive functions in children. *American Journal of Psychiatry*, 161, 125-132.
- Brown, M.L.; Hillman, C.H.; O’Leary, K.C.; Pontifex, M.B. & Scudder, M.R. (2011). The effects of single bouts of aerobic exercise, exergaming, and videogame play on cognitive control. *Clinical Neurophysiology*, 122, 1518-1525.
- Budde, H.; Pietraßyk-Kendziorra, S.; Ribeiro, P. & Voelcker-Rehage, C. (2008). Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neuroscience Letters*, 441, 219-223.
- Burgess, Paul W. & Gilbert, Sam J. (2008). Executive function. *Current Biology*, 18 (3), 110-114.
- Castelli, D.M.; Hall, E.E.; Hillman, C.H.; Kramer, A.F.; Pontifex, M.B. & Raine, L.B. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience*, 159, 1044-1054.
- Chang, Y.K.; Etnier, J.L.; Gapin, J.I. & Labban, J.D. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: A meta-analysis. *Brain Research*, 1453, 87-101.
- Denckla, M.B. (2007). Executive function: Binding together the definitions of attention-deficit/hyperactivity disorder and learning disorder. In Meltzer, Lynn (Hrsg.). *Executive function in education. From theory to practice* (S. 5-18). New York: Guilford Press.

- Diamond, Adele. (1991). Neurophysiological insights into the meaning of object concept development. In Carey, S. & Gelman, R. (Hrsg.). *The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition* (S. 67-110). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Diamond, A.; Gerstadt, C.L. & Hong, Y.J. (1994). The relationship between cognition and action: performance of children 3 ½ - 7 years old on a stroop-like day-night test. *Cognition*, 53, 129-153.
- Diamond, A. & Lee, K. (2014). Interventionen, die sich bei der Entwicklung exekutiver Funktionen bei 4- bis 12-jährigen Kindern als hilfreich erwiesen haben. In Kubesch, S. (Hrsg.). *Exekutive Funktionen und Selbstregulation. Neurowissenschaftliche Grundlagen und Transfer in die pädagogische Praxis* (S.145-161). Bern: Verlag Hans Huber.
- Donnelly, J.E. & Lambourne, K. (2011). Classroom-based physical activity, cognition and academic achievement. *Preventive Medicine*, 52, 36-42.
- Eckerl-Braz, Andrea & Pliem, Daniela. (o.A.). *Kurzturnen in der Sekundarstufe II*. (Unveröffentlichte Projektbeschreibung). Österreich.
- Eliot, Lise. (2003). *Was geht da drinnen vor? Die Gehirnentwicklung in den ersten fünf Lebensjahren*. Berlin: Berlin Verlag.
- Emerson, M.J.; Friedman, N.P.; Howerter, A.; Miyake, A.; Wager, T.D. & Witzki, A.H. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex „frontal lobe“ tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- Engelhardt, M. & Reuter, I. (2010). Kann Sport den Verlust kognitiver Funktionen im Alter verhindern? *SportOrthoTrauma*, 26, 216-226.
- Eriksen, C.W. (1995). The flankers task and response competition: A useful tool for investigating a variety of cognitive problems. *Visual cognition*, 2, 101-118. Zugriff am 12.03.2015 unter [http://wexler.free.fr/library/files/eriksen%20\(1995\)%20the%20flankers%20task%20and%20response%20competition.%20a%20useful%20tool%20for%20investigating%20a%20variety%20of%20cognitive%20problems.pdf](http://wexler.free.fr/library/files/eriksen%20(1995)%20the%20flankers%20task%20and%20response%20competition.%20a%20useful%20tool%20for%20investigating%20a%20variety%20of%20cognitive%20problems.pdf)
- Eriksen, B.A. & Eriksen, C.W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16 (1), 143-149. Zugriff am 12.03.2015 unter

[http://wexler.free.fr/library/files/eriksen%20\(1974\)%20effects%20of%20noise%20letters%20upon%20the%20identification%20of%20a%20target%20letter%20in%20a%20nonsearch%20task.pdf](http://wexler.free.fr/library/files/eriksen%20(1974)%20effects%20of%20noise%20letters%20upon%20the%20identification%20of%20a%20target%20letter%20in%20a%20nonsearch%20task.pdf)

- Förstl, H. (2005). *Frontalhirn. Funktionen und Erkrankungen*. 2.Auflage. Heidelberg: Springer.
- Goschke, Thomas. (2008). Volition und kognitive Kontrolle. In Müsseler, Jochen (Hrsg.). *Allgemeine Psychologie* (S. 232-293). 2.Auflage. Berlin: Springer Verlag.
- Groisser, D.B.; Pennington, B.F. & Welsh, M.C. (1991). A normative-developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children. *Developmental Neuropsychology*, 7, 131-149.
- Gualtieri, T.; Masley, S. & Roetzheim, R. (2009). Aerobic exercise enhances cognitive flexibility. *Journal of Clinical Psychology in Medical Settings*, 16, 186-193.
- Hagerman, E. & Ratey, J.J. (2013). *Superfaktor Bewegung. Das Beste für Ihr Gehirn!* Kirchzarten bei Freiburg: VAK.
- Hale, B.J.; McMorris, T.; Sproule, J. & Turner, A. (2011). Acute, intermediate intensity exercise and speed and accuracy in working memory tasks: A meta-analytical comparison of effects. *Physiology & Behavior*, 102, 421-428.
- Hohmann, A.; Lames, M. & Letzelter, M. (2010). *Einführung in die Trainingswissenschaft*. 5. Auflage. Wiebelsheim: Limpert.
- Hollmann, W. & Strüder, H.K. (2000). Gehirn, Psyche und körperliche Aktivität. *Der Orthopäde*, 11, 949-956.
- Hollmann, W. & Strüder, H.K. (2003). Gehirngesundheit, -leistungsfähigkeit und körperliche Aktivität. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 54 (9), 265-266.
- Hollmann, W. & Strüder, H.K. (2009). *Sportmedizin. Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin*. 5.Auflage. Stuttgart: Schattauer.
- Hommel, Bernhard. (2008). Planung und exekutive Kontrolle von Handlungen. In Müsseler, Jochen (Hrsg.). *Allgemeine Psychologie* (S. 684-738). 2.Auflage. Berlin: Springer Verlag.
- Hüther, G. & Rüther, E. (2000). *Das serotonerge System*. Bremen: UNI-MED.

- Institut für kognitive Neurowissenschaft. (o.A.). *Ein neuropsychologischer Ratgeber für Betroffene & Angehörige*. Ruhr – Universität Bochum, Psychologische Fakultät, Deutschland.
- Jessel, T. (1996). Das Nervensystem. In Jessel, T.M.; Kandel, E.R. & Schwartz, J.H. (Hrsg.). *Neurowissenschaften. Eine Einführung* (S. 73-91). Heidelberg: Spektrum.
- Juujärvi, P.; Kooistra, L.; Letho, J.E. & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21, 59 – 80.
- Kane, R.; Oosterlaan, J.; Piek, J. & Rigoli, D. (2012). An examination of the relationship between motor coordination and executive functions in adolescents. *Developmental medicine & child neurology*, 54, 1025-1031.
- Kainberger, Siegfried. (2013). *Lernen braucht Bewegung. Einfluss von Koordinationstraining auf Konzentration, Aufmerksamkeit und exekutive Funktionen im Setting der Bewegten Schule*. (Unveröffentlichte Masterthesis). Universität Salzburg, Österreich.
- Kasagi, F.; Masunari, N.; Mimori, Y.; Sasaki, H.; Suzuki, G. & Yamada, M. (2003). Association between dementia and midlife risk factors: the radiation effects research foundation adult health study. *Journal of American Geriatrics Society*, 51 (3), 410-414.
- Kubesch, Sabine. (2002). Sportunterricht: Training für Körper und Geist. *Nervenheilkunde*, 9, 487-490.
- Kubesch, Sabine. (2007). *Das bewegte Gehirn. Körperliche Aktivität und exekutive Funktionen*. Reihe Junge Sportwissenschaft, Bd. 11. Schorndorf: Hoffmann-Verlag.
- Kubesch, Sabine. (2014). Der Sport macht's! Effekte körperlicher Aktivität auf exekutive Funktionen, Selbstregulation, Lernleistung und sozial-emotionale Lernprozesse. In Kubesch, Sabine (Hrsg.). *Exekutive Funktionen und Selbstregulation. Neurowissenschaftliche Grundlagen und Transfer in die pädagogische Praxis* (S. 121-144). Bern: Verlag Hans Huber.
- Kubesch, Sabine & Walk, Laura. (2009). Körperliches und kognitives Training exekutiver Funktionen in Kindergarten und Schule. *Sportwissenschaft*, 4, 309-317.

- Kupfermann, I. (1996). Cortex und Kognition. In Jessel, T.M.; Kandel, E.R.; Schwartz, J.H. (Hrsg.). *Neurowissenschaften. Eine Einführung* (S. 353-369). Heidelberg: Spektrum.
- Lambourne, K.; Okumura, M.S. & Tomporowski, P.D. (2011). Physical activity interventions and children's mental functions: An introduction and overview. *Preventive Medicine, 52*, 3-9.
- Laurin, D.; Lindsay, J.; MacPherson, K.; Rockwood, K. & Verreault, R. (2001). Physical activity and risk of cognitive impairment and dementia in elderly persons. *Archives of neurology, 58*, 498-504.
- Logan, G.D.; Ponesse, J.S.; Schachar, R.J.; Tannock, R. & Williams, B.R. (1999). Development of inhibitory control across the life span. *Developmental psychology, 35*, 205-213.
- Maeda, J.K. & Randall, L.M. (2003). Can academic success come from five minutes of physical activity? *Brock Education, 13* (1), 14-22.
- Meltzer, L. & Krishnan, K. (2007). Executive function difficulties and learning disabilities. Understandings and misunderstandings. In Meltzer, Lynn (Hrsg.). *Executive function in education. From theory to practice* (S. 77-105). New York: Guilford Press.
- Mensink, G.B.M. (2003). *Bundes-Gesundheitssurvey: Körperliche Aktivität – Aktive Freizeitgestaltung in Deutschland*. Berlin: Robert Koch-Institut.
- Posner, Michael I. & Rothbart, Mary K. (2001). Mechanism and variation in the development of attentional networks. In Luciana, M. & Nelson, C.A. (Hrsg.). *Handbook of developmental cognitive neuroscience* (S. 353-363). Cambridge: MIT Press.
- Spitzer, Manfred. (2004). *Nervensachen. Perspektiven zu Geist, Gehirn und Gesellschaft*. Stuttgart: Schattauer.
- Stroth, Sanna. (2009). *Einfluss eines Ausdauerlauftrainings auf exekutive Funktionen und deren hirnelektrische Korrelate unter Berücksichtigung eines genetischen Polymorphismus*. (Nicht veröffentlichte Dissertation). Medizinische Fakultät der Universität Ulm, Deutschland.

5 Abbildungsverzeichnis

Abb 1 Die vier Lappen des Großhirns (Institut für kognitive Neurowissenschaft, S.4-6)	17
Abb 2 Sitz der Basalganglien, der Amygdala und des Hippocampus (Institut für kognitive Neurowissenschaft, S.6).....	19
Abb 3 Funktionelle Darstellung des synaptischen Spaltes (Hollmann & Strüder, 2009, S.20)	21
Abb 4 Durchführungsschema.....	42
Abb 5 Ergebnisse der Vereinsaktivität (in h), der Freizeitaktivität (in h), der Note in Bewegung & Sport und dem subjektiven sportlichen Vergleich der SchülerInnen zu ihren MitschülerInnen (4 = sehr sportlich bis 1 = nicht sportlich), differenziert dargestellt für die Kontrollgruppe (KG) und die Versuchsgruppe (VG)	56
Abb 6 Gesamtanzahl der Fehler im Vortest bzw. Eingangstest.....	59
Abb 7 Ergebnisse der Inhibitionsleistung differenziert nach einzeiligen und mehrzeiligen Bedingungen im Vergleich zwischen Vortest und Eingangstest	60
Abb 8 Ergebnis der Gesamtfehleranzahl zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Eingangstestung. Vergleich zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe.....	63
Abb 9 Ergebnis zur Inhibitionsleistung in einzeiligen Bedingungen (Inhibition_einz) zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Eingangstestung. Vergleich Versuchs- und Kontrollgruppe.....	64
Abb 10 Ergebnis zur Inhibitionsleistung in mehrzeiligen Bedingungen (Inhibition_mehrz) zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Eingangstestung. Vergleich Versuchs- und Kontrollgruppe.	66
Abb 11 Ergebnis der Gesamtfehleranzahl zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Ausgangstestung. Vergleich zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe.....	67
Abb 12 Ergebnis zur Inhibitionsleistung in einzeiligen Bedingungen (Inhibition_einz) zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Ausgangstestung. Vergleich Versuchs- und Kontrollgruppe.....	68
Abb 13 Ergebnis zur Inhibitionsleistung in mehrzeiligen Bedingungen (Inhibition_mehrz) zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Ausgangstestung. Vergleich Versuchs- und Kontrollgruppe	70
Abb 14 Langzeiteffekt bei der Gesamtfehleranzahl	71

Abb 15	Langzeiteffekt der Inhibitionsleistung bei einzeiligen Bedingungen.....	73
Abb 16	Langzeiteffekt der Inhibitionsleistung bei mehrzeiligen Bedingungen	74
Abb 17	„Das Kurzturnen hat meine Aufmerksamkeit im Unterricht gestört.“ N = 29	76
Abb 18	„Nach dem Kurzturnen fiel es mir leichter dem Unterricht zu folgen.“ N = 32	76
Abb 19	„Nach dem Kurzturnen fühlte ich mich müde und wenig aufnahmefähig.“ N = 32	77
Abb 20	„Mir hat das Kurzturnen einfach Spaß gemacht.“ N = 28	78
Abb 21	„Ich habe beim Kurzturnen mitgemacht, weil die Mitschülerinnen und Mitschüler auch mitgemacht haben.“ N = 29	79
Abb 22	„Ich habe beim Kurzturnen mitgemacht, weil ich sonst ein schlechtes Gewissen gehabt hätte, weil es mir unangenehm gewesen wäre nicht mitzumachen.“ N = 29.....	79
Abb 23	„Ich habe beim Kurzturnen mitgemacht, weil es gut für mich ist.“ N = 32...	80
Abb 24	„Ich habe nur mitgemacht, weil ich musste.“ N = 32.....	80
Abb 25	„Ich habe die Übungen aufmerksam und genau ausgeführt.“ N = 32	82
Abb 26	„Ich habe beim Kurzturnen nicht mitgemacht.“ N = 32	82
Abb 27	„Ich habe immer aktiv und engagiert mitgemacht.“ N = 32	83

6 Tabellenverzeichnis

Tab 1	Zeitlicher Überblick der Vortestungen.....	39
Tab 2	Zeitlicher Überblick der Eingangstestungen	39
Tab 3	Zeitlicher Überblick der Ausgangstestungen	39
Tab 4	Untersuchungszeiträume	40
Tab 5	Untersuchungsdesign	41
Tab 6	Werte zu den Ergebnissen der Vereinsaktivität (in h), der Freizeitaktivität (in h), der Note in Bewegung & Sport und dem subjektiven sportlichen Vergleich der SchülerInnen zu ihren MitschülerInnen (5 = trifft völlig zu bis 1 = trifft überhaupt nicht zu), differenziert dargestellt für die Kontrollgruppe und die Versuchsgruppe.....	56

Tab 7	Kognitive Aktivierung. Differenziert zwischen Versuchsgruppe (VG) und Kontrollgruppe (KG). Kog_Akt_t2_1 = Kognitive Aktivierung beim Eingangstest Testzeitpunkt 1; Kog_Akt_t2_2 = Kog. Aktivierung beim Eingangstest Testzeitpunkt 2; Kog_Akt_t3_1 = Kog. Aktivierung beim Ausgangstest Testzeitpunkt 1; Kog_Akt_t3_2 = Kog. Aktivierung beim Ausgangstest Testzeitpunkt 2.....	57
Tab 8	Kognitive Aktivierung (Kog_Akt) im Zusammenhang mit Gesamtfehlern und Inhibitionsleistung in einzeiligen (Inhib. einz.) und mehrzeiligen (Inhib. mehrz.) Bedingungen. r = Korrelationskoeffizient; t2 = Eingangstest; t3 = Ausgangstest; 1 bzw. 2 = Testzeitpunkt 1 bzw. 2.....	58
Tab 9	Fehleranzahl bei den verschiedenen Aufgabentypen im Vortest bzw. Eingangstest.....	59
Tab 10	Mittlere Reaktionszeiten differenziert nach Aufgabentyp und Inhibitionsleistung im Vergleich zwischen Vortest und Eingangstestung.....	61
Tab 11	Werte zum Ergebnis der Gesamtfehleranzahl zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Eingangstestung. Vergleich zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe.....	62
Tab 12	Werte zum Ergebnis der Inhibitionsleistung in einzeiligen Bedingungen (Inhib_einz) zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Eingangstestung. Vergleich Versuchs- und Kontrollgruppe.	64
Tab 13	Werte zum Ergebnis der Inhibitionsleistung in mehrzeiligen Bedingungen (Inhibition_mehrz) zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Eingangstestung. Vergleich Versuchs- und Kontrollgruppe.	65
Tab 14	Werte zum Ergebnis der Gesamtfehleranzahl zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Ausgangstestung. Vergleich zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe.....	67
Tab 15	Werte zum Ergebnis der Inhibitionsleistung in einzeiligen Bedingungen (Inhibition_einz) zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Ausgangstestung. Vergleich Versuchs- und Kontrollgruppe.	69
Tab 16	Werte zum Ergebnis der Inhibitionsleistung in mehrzeiligen Bedingungen (Inhib_mehrz) zum Testzeitpunkt 1 und 2 der Ausgangstestung. Vergleich Versuchs und Kontrollgruppe.....	70
Tab 17	Werte zum Ergebnis des Langzeiteffekts bei der Gesamtfehleranzahl.	72
Tab 18	Werte zum Ergebnis des Langzeiteffekts der Inhibitionsleistung bei einzeiligen Bedingungen (Inhibition_einz)	73

Tab 19	Werte zum Ergebnis des Langzeiteffekts der Inhibitionsleistung bei mehrzeiligen Bedingungen (Inhibition_mehrz).....	75
Tab 20	Subjektiv wahrgenommene Effekte des Kurzturnens. Prozentuale Verteilung der Antworten.	77
Tab 21	Welche Motivation ließ die SchülerInnen am Kurzturnen teilzunehmen? Prozentuale Verteilung der Antworten.	81
Tab 22	Wie aktiv haben sich die SchülerInnen am Kurzturnen beteiligt? Prozentuale Verteilung der Antworten.	83