Exekutive Funktionen und Bewegung und Sport – eine dynamische Verbindung

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
Master of Education (MEd)

an der Karl-Franzens-Universität Graz

vorgelegt von
Daniel Stramitzer

am Institut für Bewegungswissenschaften, Sport und Gesundheit

Begutachter
Dr. phil. Mag. Gerald Payer

Graz, 2023

Abstract

Das Interesse, exekutive Funktionen in ihrer Gesamtheit zu verstehen, hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Sie spielen eine zentrale Rolle, wenn es um kognitive Kontrolle, Selbstregulation, Impulskontrolle und Planungen von Handlungen geht. Mit dieser direkten Verbindung zu vielen Bereichen des menschlichen Lebens ist es von großer Bedeutung, exekutive Funktionen selbst und deren Förderungsmöglichkeiten zu verstehen. Sport hat die Möglichkeit, diese Prozesse sichtbar zu machen und zu verstehen, wie exekutive Funktionen aus neurowissenschaftlicher Sicht beschrieben werden können. Zudem können während der Ausübung von Sport neue Erkenntnisse gewonnen werden, wie körperliche Aktivitäten das Gehirn beeinflussen und wie dies zur Verbesserung von exekutiven Funktionen führt.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist, zu beantworten, inwiefern das Unterrichtsfach Bewegung und Sport einen Beitrag zur Förderung von exekutiven Funktionen leisten kann und wie konkrete Bewegungsangebote im Sportunterricht auszusehen haben, beziehungsweise, wie diese anzuwenden sind. Um diese Forschungsfragen beantworten zu können, wurde Literaturrecherche betrieben. Mit Hilfe von verschiedensten Studien, aktueller Literatur, der Analyse von unterschiedlichen Modellen, sollen die davor geschilderten Zusammenhänge gezeigt werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass das Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ einen signifikanten Einfluss darauf hat, inwieweit exekutive Funktionen gefördert werden können. Dabei zeigte sich, dass langfristige Bewegungsinterventionen, einen größeren Einfluss auf exekutive Funktionen haben als kurzfristige Bewegungsinterventionen. Regelmäßige aerobe Gruppenspiele haben sich hier als die beste Methode bewährt, zumal diese das Fitnesslevel einer Person im höheren Maße berücksichtigen und der längere Beobachtungszeitraum mehr Messverfahren und somit auch validere Ergebnisse mit sich bringt.

Weiterführende Forschung in Form von Langzeitstudien zur Erstellung von neuen Messverfahren und dem daraus resultierenden besseren Verständnis von kognitive Prozessabläufe im Gehirn, könnten für das Forschungsfeld von großem Interesse sein.

Interest in understanding executive functions in their entirety has increased greatly in recent years. They play a central role when it comes to cognitive control, self-regulation, impulse control, and planning actions. With this direct connection to many areas of human life, it is of great importance to understand executive functions themselves and how to promote them. Sport has the possibility to make these processes visible and to understand how executive functions can be described from a neuroscientific point of view. In addition, during the practice of sports, new insights can be gained into how physical activities affect the brain and how this leads to the improvement of executive functions.

The aim of the present study is to answer the question to what extent the subject of physical activity and sport can contribute to the promotion of executive functions and what concrete physical activity offers in physical education should look like or how they should be applied. In order to answer these research questions, literature research was conducted. With the help of different studies, current literature, the analysis of different models, the before described connections are to be shown.

The results show that the subject "exercise and sports" has a significant influence on the extent to which executive functions can be promoted. Long-term physical activity interventions were found to have a greater influence on executive functions than short-term physical activity interventions. Regular aerobic group games have proven to be the best method, especially since they take the fitness level of a person into account to a greater extent and the longer observation period entails more measurement procedures and thus more valid results.

Further research in the form of long-term studies to create new measurement procedures and the resulting better understanding of cognitive processes in the brain could be of great interest for the research field

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG 1

2 EXEKUTIVE FUNKTIONEN 3

2.1 DEFINITION 3

2.2 UNITY & DIVERSITY-MODELL 4

2.2.1 Arbeitsgedächtnis 7

2.2.2 Kognitive Flexibilität 7

2.3 ANATOMISCHE UND FUNKTIONELLE GRUNDLAGEN 8

2.3.1 Das Gehirn 8

2.3.2 Präfrontaler Kortex 9

2.4 ENTWICKLUNG VON EXEKUTIVEN FUNKTIONEN IM KINDES- UND JUGENDALTER 11

2.5 BEDEUTUNG VON EXEKUTIVEN FUNKTIONEN FÜR KINDER UND JUGENDLICHE ... 14

2.5.1 Beeinflussung sozial-emotionaler Verhaltensweisen 14

2.5.2 Beeinflussung schulischer Erfolge 15

3 BEWEGUNG UND SPORT 18

3.1 UNTERRICHTSFACH BEWEGUNG UND SPORT IM DETAIL 18

3.2 ANALYSE DES LEHRPLANS BEWEGUNG UND SPORT 19

3.3 LEHRPLAN BEWEGUNG UND SPORT 20

3.3.1 Analyse des Lehrplans Bewegung und Sport im Kontext der kognitiven Entwicklung 21

3.3.2 Bildungsstandards 23

3.3.3 Kompetenzmodell 23

3.3.4 Kompetenzkatalog 24

3.4 ZUSAMMENHANG BEWEGUNG UND SPORT UND SCHULISCHER LERNERFOLG 30

4 EXEKUTIVE FUNKTIONEN UND BEWEGUNG UND SPORT 32

4.1 VERARBEITUNG VON BEWEGUNGEN IM GEHIRN 32

4.1.1 Motorischer Kortex 33

4.1.2 Bewegungsmodelle 35

4.2 AUSWIRKUNGEN VON BEWEGUNG UND SPORT AUF KOGNITIVE FÄHIGKEITEN 39

4.3 EINMALIG AKUTE BELASTUNGSEFFEKTE 40

4.3.1 Einfluss von kurzzeitigen Bewegungsinterventionen auf exekutive Funktionen 41

4.4 REGELMÄßIGE BELASTUNGSEFFEKTE 46
4.4.1 Einfluss von regelmäßigen Bewegungsinterventionen auf exekutive Funktionen 48
5 FÖRDERUNG VON EXEKUTIVEN FUNKTIONEN 54
5.1 FÖRDERUNG VON EXEKUTIVEN FUNKTIONEN IN UNTERRICHTSFÄCHERN – DAS MODELL DER BEWEGTEN SCHULE 55
5.2 FÖRDERUNG VON EXEKUTIVEN FUNKTIONEN IM UNTERRICHTSFACH BEWEGUNG UND SPORT 57
5.3 ÜBUNGSSAMMLUNG 59
5.3.1 Flexball 59
5.3.2 Reaktionsspiel Hütchen 60
5.3.3 Drache, Ritter und Prinzessin 62
5.3.4 Promi-Passen 63
5.3.5 Kimspiel 64
5.3.6 Komplexspiel Hütchenball 65
5.3.7 Schere, Stein, Papier, Echse, Spock 66
6 DISKUSSION 68
7 FAZIT 72
8 LITERATURVERZEICHNIS 74
I. ABBILDUNGSVERZEICHNIS 87
II. TABELLENVERZEICHNIS 88

1 Einleitung

Die Exekutivfunktionen sind ein wesentlicher Bestandteil des menschlichen Denkens und Handelns. Dazu gehören Fähigkeiten wie das Planen von Handlungen, das Kontrollieren der Aufmerksamkeit, das Regulieren von Emotionen und Impulsen sowie die Fähigkeit, flexibel auf sich ändernde Anforderungen und Situationen zu reagieren. Diese Funktionen sind für eine Vielzahl alltäglicher Aktivitäten von entscheidender Bedeutung, z. B. die Fähigkeit, Probleme zu lösen, Entscheidungen zu treffen und Ziele zu verfolgen.

In den letzten Jahren hat sich gezeigt, dass exekutive Funktionen eng mit körperlicher Aktivität und Bewegung zusammenhängen. Es gibt viele Studien, die die Auswirkungen von Bewegung auf die Exekutivfunktionen untersucht haben (Tilp et al., 2019; Jansen, 2014; Hillman et al., 2008; Hillman & Schott, 2013; Kubesch et al., 2013; Hillman et al., 2009; Kida et al., 2005). Alle diese Studien zeigen, dass sich körperliche Aktivität positiv auf exekutive Funktionen auswirkt. Dies gilt sowohl für Kinder als auch für Erwachsene.

Das Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ hat in seinem Dasein, die Möglichkeit exekutive Funktionen von Schülerinnen und Schülern in der Schule zu fördern. Regelmäßige körperliche Aktivität kann nicht nur die exekutiven Funktionen verbessern, sondern auch die Struktur und Funktion des Gehirns beeinflussen. Dies hat große Relevanz für das Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“, da es zeigt, dass körperliche Aktivität nicht nur die körperliche Fitness verbessert, sondern auch die kognitiven Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler und ihre Leistungsfähigkeit in der Schule. Somit hat „Bewegung und Sport“ die Möglichkeit Kinder in ihrem Lernprozess zu unterstützen und dafür zu sorgen, dass häufigere Lernerfolge generiert werden können.

Die Arbeit zielt darauf ab, herauszufinden, inwiefern das Unterrichtsfach Bewegung und Sport einen Beitrag zur Förderung von exekutiven Funktionen leisten kann. Weiters soll die Frage beantwortet werden, wie konkrete Bewegungsangebote im Sportunterricht auszusehen haben und wie diese anzuwenden sind.

Um die Forschungsfragen dieser Arbeit zu beantworten, wird Sekundärforschung betrieben. Anhand von aktueller Literatur, dem Miteinbeziehen von relevanten

Studien und der Analyse von vorhandenen Bewegungsangeboten, sollen die Forschungsfragen beantwortet werden und der Zusammenhang von exekutiven Funktionen und „Bewegung und Sport“ aufgezeigt werden.

Im zweiten Kapitel sollen die exekutiven Funktionen näher betrachtet werden. Dabei werden diese definiert und über ein Modell eingeführt. Im weiteren Verlauf wird auf die Anatomie des Gehirns eingegangen und welche Bedeutung exekutive Funktionen für Kinder und Jugendliche haben. Hier soll sich auf die drei Kernfunktionen Inhibition, Arbeitsgedächtnis und kognitive Flexibilität beschränkt werden, da diese häufig als die wichtigsten Komponenten zur Beschreibung von exekutiven Funktionen genannt werden (Diamond, 2013). Anschließend wird im dritten Kapitel auf das Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ näher eingegangen. Hier wird das Unterrichtsfach anhand des österreichischen Lehrplans beschrieben. Des Weiteren wird der Lehrplan auf die Erreichung von kognitiven Zielen überprüft und ein Zusammenhang zum schulischen Lernerfolg aufgezeigt. Im vierten Kapitel werden die Themenfelder exekutive Funktionen und „Bewegung und Sport“ zusammengeführt. Dabei sollen unterschiedliche Bewegungsinterventionen analysiert werden. Im fünften Kapitel soll die Förderung von exekutiven Funktionen behandelt werden. Hier soll anhand des Modells der bewegten Schule einerseits gezeigt werden, wie „Bewegung und Sport“ allgemein in allen Unterrichtsfächern gefördert werden kann, andererseits das Unterrichtsfach Bewegung und Sport und dessen Möglichkeiten näher betrachtet werden. Im letzten Kapitel wird eine Übungssammlung vorgestellt, welche für Lehrpersonen ein kleines Repertoire darstellen soll, um exekutive Funktionen im Sportunterricht fördern zu können.

2 Exekutive Funktionen

Die exekutiven Funktionen sind ein Überbegriff für verschiedene höhere, kognitive Prozesse, welche für zielorientiertes Verhalten verantwortlich sind (Huizinga et al., 2006). Diese Prozesse sind gerade in neuartigen und herausfordernden Situationen, welche eine flexible, schnelle und situative Anpassung an die Umwelt verlangen, von großer Wichtigkeit (Huizinga et al., 2006). Die exekutiven Funktionen werden oftmals auch als ein übergeordnetes Kontrollsystem bezeichnet, welches in alltäglichen Situationen das Handlungsverhalten maßgeblich beeinflusst (Pashler, 2000). Wie zu erkennen ist, meinen exekutiven Funktionen eine Masse an kognitiven Prozessen, im weiteren Verlauf soll der Begriff weiter eingegrenzt werden.

2.1 Definition

Eine einheitliche Definition der exekutiven Funktionen lässt sich in der Literatur nicht finden. Baddeley & Hitch (1974) waren eine der Ersten, welche sich mit dem Konzept der exekutiven Funktionen beschäftigten. Damals beschrieben sie diese als „zentrale Exekutive“ (Baddeley & Hitch, 1974). Lezak (1983) definierte diese im weiteren Verlauf als die vier Komponenten Planung, Ausführung und Formulierung von planvollem Verhalten und die Effektivität der Umsetzung. Deffner et al. (2016) beschreiben exekutive Funktionen als geistige Fähigkeiten, mit Hilfe dieser Menschen Emotionen, Gedanken und das Handeln steuern. Kubesch et al. (2016) definieren exekutive Funktionen als das aktive Steuern von Emotionen, Denken und der Aufmerksamkeit. Hunter und Sparrow (2012) setzten sich mit der Definition im evolutionären, historischen und sprachlichen Kontext auseinander und fanden den Konsens, dass exekutive Funktionen komplexe und essenzielle Komponenten sind, welche für ein erfolgreiches Leben eines Menschen verantwortlich sind.

Im Wesentlichen wird beschrieben, dass exekutive Funktionen bei ungewohnten und neuen, komplexen Situationen und Aufgaben aktiviert werden und von einer Person verlangen, Pläne und Strategien zu generieren und diese ständig auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen, wobei instinktiv ausgeführte Handlungen exekutive

Funktionen nicht aktivieren (Anderson, 2002). Ersichtlich ist, dass die Versuche, exekutive Funktionen zu definieren, ähnlich ausfallen, aber konkrete Beschreibungen von kognitiven Prozessen und Funktionen fehlen. Weiters ist herauszulesen, dass einige exekutive Funktionen wichtiger erscheinen als andere. Miyake et al. (2000) beschäftigten sich genau mit dieser Frage, inwieweit sich die enorme Anzahl exekutiver Funktionen auf Basisfunktionen reduzieren lassen. Dabei entwickelten sie das „Unity & Diversity-Modell“ und postulierten, dass alle exekutiven Funktionen auf drei Kernkomponenten zurückzuführen sind: Updating, Shifting und Inhibition (Miyake et al., 2000). Auf das Modell und dessen Kernkomponenten wird im weiteren Verlauf näher eingegangen.

2.2 Unity & Diversity-Modell

Das Unity & Diversity-Modell nach Miyake et al. (2000) soll einen Überblick geben, wie die exekutiven Funktionen miteinander verbunden sind (siehe Abbildung 1). Das Modell setzt sich aus den drei Kernfunktionen Inhibition, Arbeitsgedächtnis (Updating) und der kognitiven Flexibilität (Shifting) zusammen, welche wiederum aus den zwei Teilen Einheit (Unity) und Vielfalt (Diversity) bestehen. Die Kernfunktionen bestehen dabei aus den gemeinsamen Funktionen (Einheit) und den spezifischen Komponenten (Vielfalt) (Morales et al., 2016). Die gemeinsamen Funktionen meinen dabei Fähigkeiten, welche die Ziele von Aufgaben aufrecht erhalten, damit tiefere, kognitive Prozesse gesteuert werden können (Morales et al., 2016).

In der Literatur gibt es verschiedene Begrifflichkeiten für die drei Kernfunktionen, im folgenden Kapitel soll dabei auf die Begriffe von Diamond (2013) eingegangen

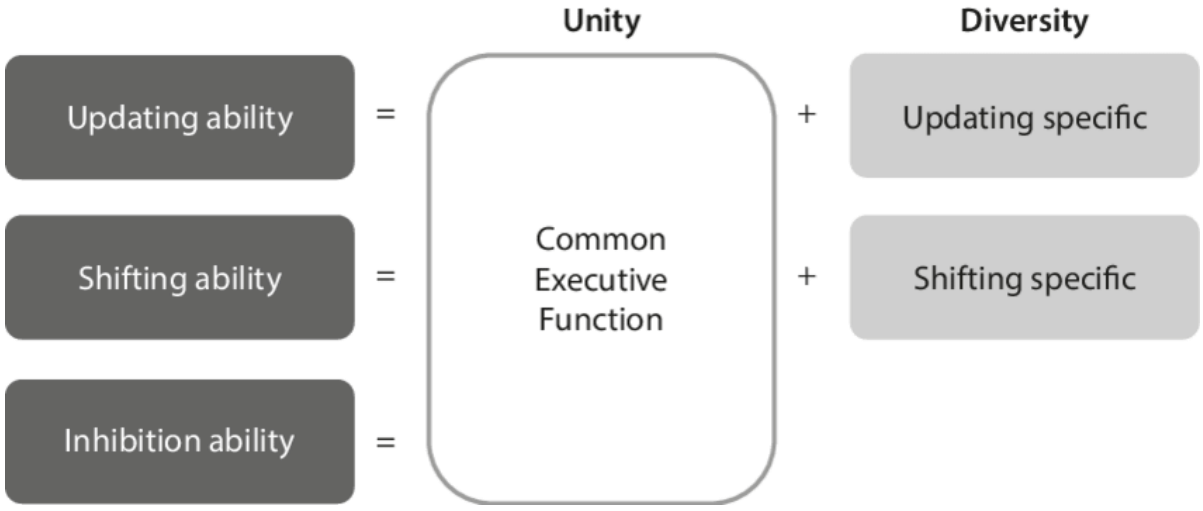


Abbildung 1: Unity & Diversity Modell (Miyake & Friedman, 2012, S. 10)

werden, welche die Kernfunktionen als Inhibition, Arbeitsgedächtnis und kognitive Flexibilität bezeichnete.

Die Inhibition beschreibt die Fähigkeit unerwünschte, äußerliche Impulse zu unterdrücken und sich gegen diese zu widersetzen (Spitzer, 2011). Dabei soll ein unangemessener Impuls unterdrückt werden, um ein gesetztes Ziel zu erreichen, beziehungsweise den Ausgang der Situation verändern zu können (Carlson & Moses, 2001). Verhalten, Emotionen, Gedanken und die Aufmerksamkeit sind betroffene Bereiche, welche durch die Funktion der Inhibition gesteuert werden können. Ohne diese Fähigkeit wäre es einem Menschen nicht möglich, auf äußerliche Reize und Impulse der Umwelt adäquat zu reagieren. Folglich würden immer wieder alte Denk- und Handlungsmuster auftreten, welche den Ausgang von neuen Handlungen und Situationen unveränderbar machen (Diamond, 2013).

Diamond (2013) beschreibt und unterteilt dabei die Inhibition in drei verschiedene Arten:

- Kognitive Inhibition: Dieser Typ der Inhibition beschreibt die Fähigkeit, mentale Darstellungen zu hemmen, sich gegen fremde oder unerwünschte Gedanken zu wehren, und das absichtliche Vergessen von früher gewonnenen Informationen (Diamond, 2013). Eine Methode, um diesen Typ zu testen, ist der Stroop-Test (Huizinga et al., 2006). Hierbei bekommen die Probandinnen und Probanden verschiedene Namen von Farben vorgegeben,

welche aber nicht in der Farbe dargestellt sind (siehe Abbildung 2). Weil der Mensch gewohnt ist das Wort zu lesen und nicht die Farbe der Schrift zu beachten, erfordert dies die Unterdrückung der präpotenten Reaktion (Huizinga et al., 2006).

- Perzeptuelle Inhibition: Hierbei wird die Fähigkeit beschrieben, die Aufmerksamkeit aktiv zu steuern und zu fokussieren (Huizinga et al., 2006). Diese Fähigkeit wird zum Beispiel benötigt, wenn in einer Menschenmenge eine Stimme herausgefiltert werden soll. Der Flanker-Test ist eine Möglichkeit, um die perzeptuelle Inhibition zu testen (Huizinga et al., 2006). Dabei wird eine Reihe von Pfeilen gezeigt, wobei in kürzester Zeit entschieden werden muss, in welche Richtung der mittlere Pfeil zeigt. Eine langsame beziehungsweise falsche Reaktion kommt zustande, weil der Kontrollprozess stattfinden muss, sodass die richtige Richtung des Pfeiles gewählt wird und nicht die Mehrheit der Richtungen der anderen Pfeile (Huizinga et al., 2006).
- Selbstkontrolle: Hier wird die Fähigkeit gemeint, welche einem erlaubt, Verhalten und Emotionen zu hemmen und nicht impulsiv zu handeln (Diamond, 2013). Konkret ist dabei gemeint, dass die Möglichkeit besteht, Versuchungen und Bedürfnissen zu widerstehen und sich aktiv dagegen entscheiden zu können (Diamond, 2013).



Abbildung 2: Stroop Test (Kulturverein KunstBox, 2023, Absatz Stroop-Test in der Praxis)

2.2.1 Arbeitsgedächtnis

Das Arbeitsgedächtnis wird definiert, als die Fähigkeit, neuerhaltene Informationen aufzunehmen, diese zwischenzuspeichern und gegebenenfalls alte Informationen zu ersetzen (Huizinga et al., 2006). Dabei werden laut Diamond (2013) die erhaltenen Informationen zwischengelagert, um mit diesen mental verfahren zu können, sodass auf Grundlage dieser Informationen das Verhalten gesteuert wird und Ziele erreicht werden können. Konkrete Beispiele dafür wären das Lösen von mathematischen Aufgaben oder das Bilden von Sätzen. Beim Lösen von Rechenaufgaben speichert das Arbeitsgedächtnis die Zwischenergebnisse, um weitere Rechenschritte durchführen zu können, beim Bilden von Sätzen, speichert das Arbeitsgedächtnis den Satzanfang, sodass Sätze inhaltlich und sinnhaft gebildet werden können (Spitzer, 2011).

Das bekannteste Modell, nach welchem das Arbeitsgedächtnis unterteilt wird, ist das Modell nach Baddeley (1986). Demnach gibt es zwei Netzwerke, welche die Speicherung, Aufbewahrung und Änderungen von Informationen erlauben. Die phonologische Schleife ist für die Verarbeitung von auditiven Informationen zuständig, während das visuospatiale Sketchpad visuelle Informationen verarbeitet (Baddeley, 1986).

Methoden, um das Arbeitsgedächtnis zu testen, sind zum Beispiel Zahlenreihen, welche rückwärts wiedergegeben werden müssen, oder das Merken und Wiedergeben von Sequenzen (Baddeley, 1986).

2.2.2 Kognitive Flexibilität

Die kognitive Flexibilität erlaubt einem, sich in andere Perspektiven oder Situationen hineinzuversetzen und zwischen diesen hin- und herzuwechseln (Huizinga et al., 2006). Sogar das Hineinversetzen in emotional-soziale Situationen wird durch die kognitive Flexibilität ermöglicht (Huizinga et al., 2006). Um gewährleisten zu können, sich in andere Perspektiven hineinzuversetzen, muss die eigene Perspektive gehemmt werden.

Einer der meistgenutzten Tests, um die kognitive Flexibilität zu überprüfen, ist der Wisconsin Card-Sorting-Test (Huizinga et al., 2006). Dabei werden verschiedene

Karten nach einem gewissen Muster sortiert. Nachdem dies geschehen ist, werden neue Schemata ausgewählt und die Karten nach neuen Regeln sortiert, um so die Anpassungsfähigkeit auf neue Reize zu testen.

2.3 Anatomische und funktionelle Grundlagen

Die Darstellung und Beschreibung der exekutiven Funktionen sind Teil der kognitiven Neurowissenschaften. Diese Disziplin beschäftigt sich mit neuronalen Mechanismen, welche kognitive und psychische Funktionen beschreiben und sieht hier das Gehirn als Hauptakteur, welches alle kognitiven und psychischen Prozesse kontrolliert (Jäncke, 2013). Da diese Thematik im Detail zu umfangreich für diese Arbeit wäre, soll hierbei nur ein grober Überblick gegeben werden, welcher für das weitere Verständnis von exekutiven Funktionen und deren Ursprung vonnöten ist.

2.3.1 Das Gehirn

Das Gehirn, welches Teil des zentralen Nervensystems ist, ist für die Steuerung von kognitiven Prozessen verantwortlich (Boriss, 2015). Dieses gliedert sich dabei in vier größere Bereiche: Großhirn (Telencephalon), Kleinhirn (Cerebellum), Zwischenhirn (Diencephalon) und Hirnstamm (Boriss, 2015). Der Hirnstamm kann hierbei noch in kleinere Strukturen unterteilt werden, das Nachhirn (Medulla oblongata), Brücke (Pons) und das Mittelhirn (Mesencephalon) (Jäncke, 2013). Eine Übersicht ist in Abbildung 3 gegeben.

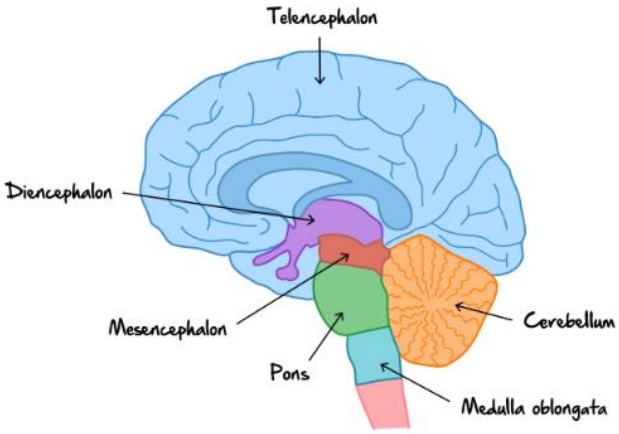


Abbildung 3: Überblick Aufteilung Gehirn (Studymed, 2023, S. 1)

Das Hauptaugenmerk soll hierbei auf dem Großhirn liegen, welchem eine Schlüsselrolle bei den exekutiven Funktionen zugesagt wird (Schellig et al., 2009). Dieses ist die oberste Instanz des zentralen Nervensystems und verbindet alle Organe, Systeme und Gewebe miteinander (Rudolf-Müller, 2017). Reize, welche von innen und außen auf einen Menschen wirken, werden von Rezeptoren aufgenommen, von Nerven an das Gehirn weitergeleitet und im Großhirn bewertet und verarbeitet (Rudolf-Müller, 2017).

Das Großhirn wird in zwei Hemisphären unterteilt, welche wiederum in vier Lappen unterteilt, werden (siehe Abbildung 4): Frontallappen, Parietallappen, Temporallappen und Okzipitallappen (Rudolf-Müller, 2017). Der präfrontale Kortex, welcher Teil des Frontallappen ist, wird nach Stand der Wissenschaft, als Zentrum der exekutiven Funktionen gesehen (Jäncke, 2013; Akyurek, 2018; Boriss 2015; Schellig et al., 2009), Im weiteren Verlauf soll der präfrontale Kortex näher betrachtet werden.

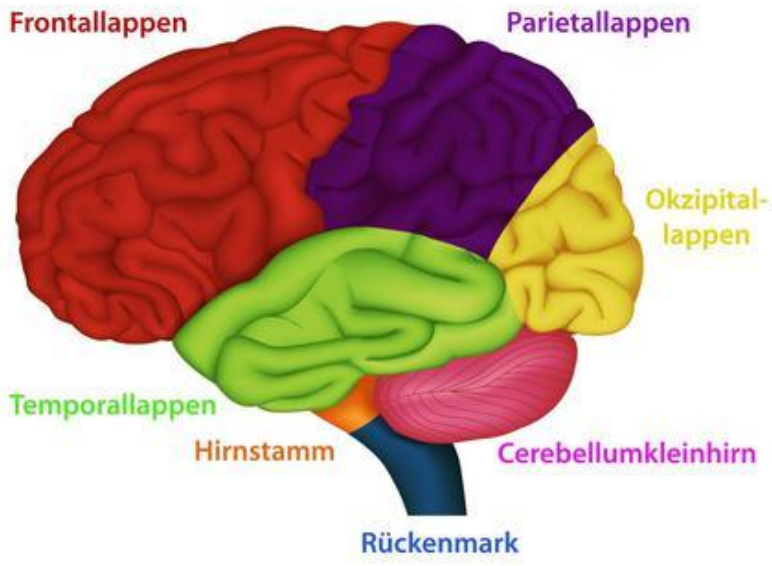


Abbildung 4: Aufbau Großhirn (Tallen, 2015, S. 1)

2.3.2 Präfrontaler Kortex

Der präfrontale Kortex (PFC) befindet sich im vorderen Teil des Frontallappens und macht etwa 30 % der Großhirnrinde aus. Dieser ist die oberste Steuerungszentrale des Gehirns und übernimmt die höheren, kognitiven Funktionen (Boriss,

2015). Weil er mit fast allen anderen Gehirnregionen vernetzt ist, erhält er von allen Informationen, interpretiert diese und schickt sie zurück (Boriss, 2015). Dabei kann er diese aktivieren, oder hemmen. Weiters ist in ihm das Arbeitsgedächtnis, die Handlungsplanung, das Sozialverhalten, das Wahren von ethnischen Werten, die Entscheidungsfindung, sowie die Antizipation verankert (Boriss, 2015).

Eine einheitliche Unterteilung des präfrontalen Kortex lässt sich in der Literatur nicht finden, in diese drei Bereiche wird dieser aber zumeist unterteilt (siehe Abbildung 5):

- dorsolaterale PFC: Dieser Bereich ist vor allem für das Arbeitsgedächtnis, die Handlungsplanung und die Antizipation zuständig. Dabei wird dieser Bereich oftmals in den dorsolateralen PFC und den ventrolateralen PFC unterteilt (Schäfers, 2023).
- dorsomedialer PFC: Zentrum für Motivation und Handlungsplanung (Schäfers, 2023).
- orbitaler PFC: Dieses Gehirnareal liegt in etwa auf den Augenhöhlen auf und ist für das Sozialverhalten zuständig. Zusätzlich sorgt dieser Bereich dafür, dass andere Gehirnareale gehemmt werden. Der Bereich reagiert auf Situationen, welche eine unpassende Handlung auslösen und hemmt diese. Somit ist dieser Bereich auch für die Aggression und die soziale Annäherung zuständig (Schäfers, 2023).

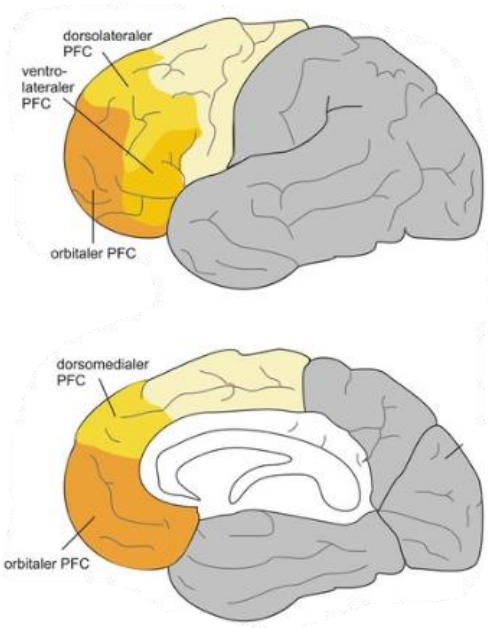


Abbildung 5: Aufbau des präfrontalen Kortex von außen und innen (Schäfers, 2023, Absatz Präfrontaler Cortex)

Dass der präfrontale Kortex in die Steuerung der exekutiven Funktionen eingebunden ist, ist außer Frage zu stellen. Dennoch ist der genaue Ablauf, wie dieser organisiert ist und die exekutiven Funktionen kontrolliert, noch nicht erforscht (Jäncke, 2013).

Was jedoch fundiert ist, ist wie sich der präfrontale Kortex im Leben eines Menschen entwickelt. Da das Ziel dieser Arbeit ist, einen Konsens zwischen exekutiven Funktionen und Bewegung und Sport zu schaffen, ist es von großem Interesse, sich die Entwicklung von exekutiven Funktionen bei Kindern und Jugendlichen anzusehen. Dies soll im weiteren Verlauf geschehen.

2.4 Entwicklung von exekutiven Funktionen im Kindes- und Jugendalter

Die Entwicklung des präfrontalen Kortex, welcher für die exekutiven Funktionen eine große Rolle spielt, ist erst im Erwachsenenalter abgeschlossen (Deffner et al., 2016; Kubesch & Walk, 2009). Diese Tatsache wird auch oftmals als Begründung für das unterschiedliche Verhalten von Kindern und Erwachsenen genannt (Kubesch & Walk, 2009). Viele Konzepte zur Förderung von exekutiven Funktionen haben Kinder als Zielgruppe. Boriss (2015) begründet dies mit der Aussage, dass

die neuronale Plastizität in jungen Jahren noch sehr viel Entwicklung zulasse, sodass die Nutzung von Lernsituationen in diesem Zeitraum höchst effektiv ist. Brocki & Bohlin (2004) sahen das Kindesalter auch als den wichtigsten Zeitpunkt an, zumal sie davon ausgingen, dass sich die exekutiven Funktionen nicht gleichmäßig mit dem Alter verbessern, sondern sich in drei Phasen vermehrt steigern. Der erste Entwicklungsschub findet im Alter zwischen sechs und acht Jahren statt, der zweite Schub zwischen neun und zwölf Jahren, den letzten Schub ordnen sie in der frühen Adoleszenz ein (Brocki & Bohlin, 2004). In Abbildung 6 ist deutlich zu erkennen, dass der größte Anstieg der exekutiven Funktionen im frühen Kindesalter passiert.

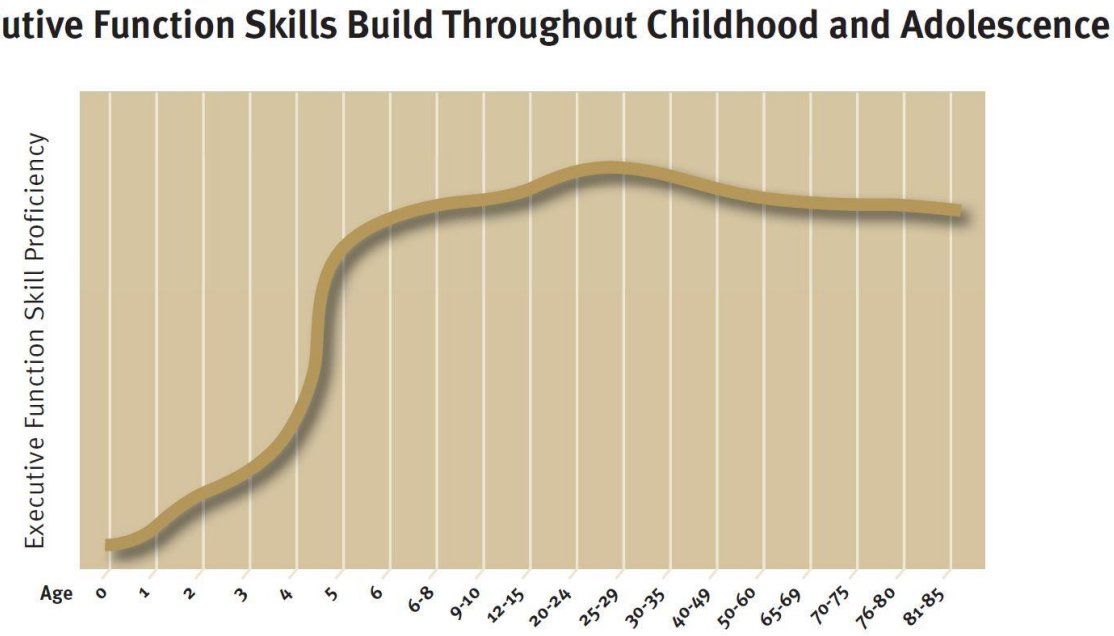


Abbildung 6: Überblick Entwicklung exekutiver Funktionen (Gulick, 2014, Absatz What are executive functions?)

Mit dem Wissen, dass die exekutiven Funktionen sich mit dem Alter nicht linear entwickeln, sondern sensiblere Phasen vorhanden sind, könnte angenommen werden, dass die im Kapitel 2.2 genannten drei Kernfunktionen, sich auch nicht gleichermaßen entwickeln. Best & Miller (2010) bestätigten die Annahme, dass die exekutiven Funktionen Inhibition, Updating (Arbeitsgedächtnis) und kognitive Flexibilität sich nicht parallel zueinander entwickeln. Auch Huizinga et al. (2006) stellten fest, dass Differenzen in der Entwicklung der exekutiven Funktionen vorhanden sind.

Das Arbeitsgedächtnis entwickelt sich im Vergleich zu den anderen beiden Kernfunktionen bereits recht früh. Säuglinge können sich schon sehr schnell auf einige wenige Dinge konzentrieren und diese auch gleichzeitig beobachten (Diamond, 2013). Mit dem dritten Lebensjahr verbessert sich die Fähigkeiten rasant, sodass einfache Merk- und Abruffähigkeiten bereits vorhanden sind (Deffner et al., 2016). Ab dem zwölften Lebensjahr ebbt dieser rasche Anstieg ab und entwickelt sich im Großen und Ganzen linear weiter (Eckenbach & Neuber, 2016).

Die kognitive Flexibilität und das Updating haben eine sehr ähnliche, lineare Entwicklung (Best & Miller, 2010). Ersteres zeigt sich bereits im ersten Lebensjahr bei Säuglingen (Deffner et al., 2016). Diese haben bereits die Möglichkeit, Entscheidungen und Situationen aktiv zu verändern, sollte das Ziel nicht auf Anhieb erreichbar sein (Deffner et al., 2016). Auch können sie in diesem Alter bereits Fehler anerkennen und aus diesen lernen (Anderson, 2002). Die kognitive Flexibilität entwickelt sich großteils bis zur Adoleszenz weiter, danach sind keine großen Veränderungen mehr zu erwarten (Eckenbach & Neuber, 2016).

Best & Miller (2010) gingen davon aus, dass die Inhibition sich hauptsächlich linear entwickelt, ihre markante Phase aber im Vorschulalter ist. Weiters sagen sie, dass die Inhibition immer mit dem Arbeitsgedächtnis in Verbindung steht, Inhibition benötigt immer eine gewisse Aktivierung des Arbeitsgedächtnisses (Best & Miller, 2010). Die Trennung dieser beiden Funktionen ist somit nur schwer möglich. Das Ende der Entwicklung der Inhibition ist nicht eindeutig, mit zwölf Jahren ist diese zwar gut ausgeprägt, aber noch nicht vollendet (Deffner et al., 2016; Eckenbach & Neuber, 2016).

Schlussendlich lässt sich sagen, dass das Kindes- und Jugendalter der wichtigste Zeitraum der Entwicklung von exekutiven Funktionen ist. Gerade in dieser Phase ist es wichtig, dass exekutive Funktionen gefördert werden. Da sich Kinder und Jugendliche in diesem Lebensabschnitt mehrheitlich in einer Bildungsinstitution befinden, zielen zahlreiche Studien darauf ab, diese auch dort zu fördern (Deffner et al., 2016; Eckenbach & Neuber, 2016).

Im weiteren Verlauf soll geklärt werden, welche Bedeutung exekutive Funktionen für Kinder und Jugendliche haben.

2.5 Bedeutung von exekutiven Funktionen für Kinder und Jugendliche

„EFs are skills essential for mental and physical health; success in school and in life; and cognitive, social, and psychological development" (Diamond, 2013, S.137).

Exekutive Funktionen haben eine große Bedeutung für viele Aspekte im Leben. Diamond (2013) nennt hier einige wesentliche Aspekte des Lebens und wie exekutive Funktionen für diese relevant sind:

- Psychische Gesundheit: Beeinträchtigung der exekutiven Funktionen durch Suchtkrankheiten, Depressionen und Verhaltensstörungen.
- Körperliche Gesundheit: verminderte exekutive Funktionen durch Fettleibigkeit oder Substanzmissbrauch.
- Lebensqualität: Erhöhung der exekutiven Funktionen durch höhere Lebensqualität.
- Schulreife: exekutive Funktionen sind für die Schule wichtiger als der IQ oder das Niveau im Lesen und Schreiben
- Erfolg in der Schule: Beeinflussung von Mathematik- und Lesekompetenzen.

Somit zeigt sich, dass exekutive Funktionen einen weitreichenden Einfluss auf viele Bereiche des Lebens haben und Entwicklungsprozesse von Kindern und Jugendlichen maßgeblich beeinflussen (Boriss, 2015). Zwei Aspekte, welche zwar zum Teil bereits erwähnt wurden, aber für den weiteren Aufbau der Arbeit essenziell sind, sollen in den nachfolgenden Unterkapiteln gesondert betrachtet werden.

2.5.1 Beeinflussung sozial-emotionaler Verhaltensweisen

Exekutive Funktionen haben einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung von sozialen und emotionalen Kompetenzbereichen von Kindern und Jugendlichen

(Spitzer et al., 2017). Besonders die Inhibition beziehungsweise die Selbstregulation leisten einen wesentlichen Beitrag dazu, Verhaltensweisen zu beeinflussen (Best, 2010). Kinder mit ausgeprägten exekutiven Funktionen können mit Stress und Frustrationen besser umgehen, positive sowie negative Gefühle besser handhaben und starkes, empathisches Verhalten vorweisen (Kubesch, 2016; Boriss, 2015). Weiters können sie nicht nur ihre Emotionen besser steuern, sondern haben ein adäquates Sozialverhalten (Rhoades et al., 2009). Neben den bereits genannten Bereichen, werden auch Impulsivität, Aufmerksamkeit und die Merkfähigkeit gesteigert, sodass der Umgang mit Ängsten leichter ist.

Kinder mit unausgeprägten exekutiven Funktionen können schon im frühen Kindesalter Schwierigkeiten damit haben, gleichaltrige Kinder anzuerkennen und entwickeln damit ein antisoziales Verhalten (Trentacosta & Shaw, 2009). Im weiteren Verlauf fällt es solchen Kindern schwer, Impulse zu kontrollieren, mit Frustration und Stress positiv umzugehen und Resilienz-Fähigkeiten zu erwerben (Spitzer et al., 2011)

Es zeigt sich, dass exekutive Funktionen einen erheblichen Einfluss auf die sozialen und emotionalen Bereiche eines Menschen haben. Die sozialen Kompetenzen haben auch einen sehr starken Einfluss auf den Lernerfolg in der Schule. Jurkowski (2010) zeigte, dass die Schule ein Ort des sozialen Gefüges ist, wo Kinder ständig in Gruppen agieren. Die hohe Qualität der Gruppeninteraktion ist hierbei essenziell für einen Lernerfolg, der aber nur durch hohe soziale Kompetenzen erreicht werden kann (Jurkowski, 2010).

2.5.2 Beeinflussung schulischer Erfolge

Exekutive Funktionen haben einen wesentlichen Einfluss auf den Lernerfolg von Kindern. Wenn Kinder in die Volksschule eintreten, haben exekutive Funktionen mindestens den gleichen Einfluss wie die Intelligenz (Spitzer et al., 2011). Treten in dieser frühen Phase bereits markante Defizite im Bereich der exekutiven Funktionen auf, werden diese mit den Schuljahren immer mehr, sodass eine Ungleichheit unter den gleichaltrigen Kindern herrscht, folglich keine Chancengleichheit

gewährt wird (Spitzer et al., 2011). Deshalb ist es umso wichtiger, dass gerade in dieser Altersgruppe exekutive Funktionen gefördert werden.

Inhibition und das Arbeitsgedächtnis werden hier oftmals als die wichtigsten exekutiven Funktionen genannt, wenn es um den Zusammenhang zum Lernerfolg geht (Kubesch & Walk, 2009; Spitzer et al., 2011). Sprachliche, mathematische und naturwissenschaftliche Leistungen können mit Hilfe dieser exekutiven Funktionen die Fähigkeiten in den genannten Bereichen sehr genau vorhersagen (Spitzer et al., 2011). Kinder mit besserer Inhibition und besserem Arbeitsgedächtnis können viel leichter mit Zahlen umgehen (Kubesch & Walk, 2009). Einerseits merken sie sich viel mehr Zahlen gleichzeitig, andererseits können sie nicht relevante Arbeitsschritte unterdrücken und sich so auf wesentliche, für die Lösung wichtige, Prozesse konzentrieren (Spitzer et al., 2011).

Best et al. (2009) beschäftigten sich mit diesem Forschungsfeld und postulierten drei Hypothesen, mit diesen der Zusammenhang von exekutiven Funktionen und der Schulleistung gezeigt werden kann. Die erste Hypothese sagt aus, dass die exekutiven Funktionen und die Lernleistung sich direkt beeinflussen, mit der Begründung, dass das Arbeitsgedächtnis für das Merken von Informationen oder für Rechenaufgaben benötigt wird, aber auch die Inhibition, welche die Fähigkeit der Hemmung von Störungen und irrelevanter Informationen steuert (Best et al., 2009). Die zweite Hypothese schildert einen indirekten Zusammenhang zwischen logischem Denken und der Sprachfähigkeit, somit ist auch eine Verbindung zwischen Lernleistungen und exekutiven Funktionen denkbar. Die dritte Hypothese sagt aus, dass exekutive Funktionen einen möglichen Einfluss auf das Verhalten von Schülerinnen und Schüler haben, dieses wiederum auch einen Einfluss auf die Einschätzung des Verhaltens der Kinder von Lehrerinnen und Lehrern hat (Boriss, 2015).

Deutlich wird hier, dass ein eindeutiger Zusammenhang zwischen exekutiven Funktionen und dem Lernerfolg gegeben ist. Das Erreichen von Lernerfolgen darf nicht außer Acht gelassen werden, zumal viele Kinder nachweislich Defizite im Bereich der exekutiven Funktionen aufweisen (Diamond et al., 2007). Kubesch

(2016) empfiehlt hier, dass Lehrpersonen Fachwissen zu exekutiven Funktionen in ihrer Ausbildung erwerben sollten, mit der Begründung, dass Kinder mit nachweislichen Schwächen im Arbeitsgedächtnis oftmals als motivationslos oder weniger intelligent diagnostiziert werden.

3 Bewegung und Sport

Das Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ existiert mit diesem Namen und in dieser Form seit 2005. Mit dem Schulrechtspaket von 2005 wurde das Unterrichtsfach Leibesübungen zu „Bewegung und Sport“ umbenannt (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung, 2005). Der Begriff Leibesübung, welcher im deutschen Raum eine historische Bedeutung hat, meint hierbei gymnastische Übungen, körperliche Ertüchtigungen wie Turnen, sowie den Sportunterricht selbst (Braun, 2004). Da die Inhalte des Unterrichtsfaches mit den Jahren modernisiert wurden, musste auch der Name entsprechend angepasst werden. Der Begriff „Bewegung und Sport“ lässt dabei viel mehr Freiheiten und Möglichkeiten zur Differenzierung zu.

Im weiteren Verlauf soll das Unterrichtsfach Bewegung und Sport näher betrachtet werden, der Lehrplan hinsichtlich kognitiver Entwicklung geprüft werden und „Bewegung und Sport“ mit, für die Arbeit, wichtigen Themenfeldern in Verbindung gebracht werden.

3.1 Unterrichtsfach Bewegung und Sport im Detail

Das Unterrichtsfach Bewegung und Sport ist seit 2005, mit Ausnahme der Berufsschulen, welche die Möglichkeit haben es anzubieten, ein Pflichtfach an allen österreichischen Schulen (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung, 2023a). Das Ziel dabei ist, „Schülerinnen und Schüler mit jenen Kompetenzen auszustatten, die eine Teilnahme an unterschiedlichen Sportarten und Bewegungsformen ermöglicht“ (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung, 2023a, Absatz Der Unterrichtsgegenstand „Bewegung und Sport“).

Wenn man sich mit dem Begriff Sport auseinandersetzt und nach dessen Bedeutung sucht, ist es nicht möglich, eine einheitliche Definition zu finden. Die WHO (World Health Organization) definiert Sport als körperliche Bewegung, welche von der Skelettmuskulatur des Körpers durchgeführt wird und dabei Energie benötigt (WHO, 2022). Eine Definition, auf welche sich häufig in der Literatur bezogen wird, ist die Definition nach Claus Tiedemann. Tiedemann (2021, S.1) definiert Sport als „kulturelles Tätigkeitsfeld, in dem Menschen sich freiwillig in eine

Beziehung zu anderen Menschen begeben, um ihre jeweiligen Fähigkeiten und Fertigkeiten in der Bewegungskunst zu vergleichen - nach selbst gesetzten oder übernommenen Regeln und auf Grundlage der gesellschaftlich akzeptierten ethischen Werte“. Hierbei wird deutlich, dass Sport nicht nur das körperliche Tun selbst ist, sondern vielmehr einen gesellschaftlichen und sozialen Aspekt hat. Sport bietet die Chance sich kulturell, sozial aber auch mit sich selbst auseinanderzusetzen. Dass Sport nur die körperliche Aktivität meint, ist in der Vergangenheit der Fall gewesen, heute aber nicht mehr zeitgemäß.

Die Bedeutung der Bewegung meint hierbei kein konkretes, körperliches Tun, sondern kann alle Aktivitäten meinen, wo Bewegung stattfindet. Dies kann Freizeit, Spiel, Arbeit oder ähnliche Bereiche betreffen. Weiters bezieht die Bedeutung von der Bewegung auch andere Felder wie Gesundheit, Ästhetik, Tanz, Körpererfahrungen und Körperwahrnehmungen mit ein. Den Begriffen Bewegung und Sport werden oftmals die gleiche Bedeutung zugeschrieben, wie aber ersichtlich ist, decken diese unterschiedliche Felder ab.

3.2 Analyse des Lehrplans Bewegung und Sport

In Österreich bilden die Grundlage der Planungs- und Unterrichtsprozesse die Lehrpläne, welche vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF) vorgegeben werden (BMBWF, 2023b). Dabei gibt es für jede Schulart einen gesonderten Lehrplan. Der Lehrplan der Mittelschulen soll hierbei näher betrachtet werden, weil diese Schulform einer der gängigsten in Österreich ist und sich diese in den letzten Jahren häufig geändert hat (Einführung der neuen Mittelschule; Namensänderung zu Mittelschule).

Der Lehrplan selbst besteht im Wesentlichen aus vier Teilen:

- Allgemeiner Teil, welcher die allgemeinen Bildungsziele, die allgemeinen didaktischen Grundlagen und die Schul- und Unterrichtsplanung beinhaltet.
- Stundentafel
- Lehrpläne für den Religionsunterricht
- Lehrpläne der einzelnen Unterrichtsfächer

Relevant für die Gestaltung des Unterrichtsfaches soll dabei der allgemeine Teil und der Lehrplan des Faches selbst sein. Die Stundenpläne variieren je nach Ermächtigung zur Schulautonomie und erlauben eine Gesamtwochenstundenanzahl von 13-19 Stunden (BMBWF, 2023b).

Die allgemeinen Bildungsziele regeln den gesetzlichen Auftrag, die Leitvorstellungen, den Aufgabenbereich der Schule und die Bildungsbereiche. Neben der indirekten Erwähnung der Themenfelder von Bewegung und Sport wird dieses konkret im Bildungsbereich Gesundheit und Bewegung genannt (BMBWF, 2023b). Demnach soll jede Schülerin und jeder Schüler die Möglichkeit haben, sich mit dem körperlichen, seelischen und sozialen Wohlbefinden auseinanderzusetzen, sowie motorische und sensorische Fähigkeiten zu entwickeln, um einen gesundheits- und bewegungsfördernden Lebensstil zu erreichen (BMBWF, 2023b).

Die allgemeinen didaktischen Grundsätze beschreiben hierbei, dass der Lehrplan die Ziele vorgibt, die Lehrperson aber die Unterrichtsgestaltung frei wählen kann. Schülerinnen und Schüler sollen durch passende Unterrichtsmethoden und fördernde Lernprozesse die Möglichkeit haben, ihre Interessen und ihr selbstständiges Handeln einbringen zu können, um einen positiven Lernerfolg zu erleben (BMBWF, 2023b).

3.3 Lehrplan Bewegung und Sport

Konkret wird in diesem Abschnitt festgelegt, welche Bildungs- und Lehraufgaben das Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ erfüllen soll, welche Ziele dabei berücksichtigt werden müssen, welchen Beitrag es für die Schule leisten kann und welche Inhalte es zu den vorher genannten Bildungsbereichen liefert. Weiters wird auch der Lehrstoff selbst genannt, welcher aber nicht weiter beschrieben werden soll.

BMBWF (2023b) definiert dabei die wichtigsten Ziele folgendermaßen:

- „Ausbildung und Weiterentwicklung der konditionellen und koordinativen Grundlagen des Bewegungshandelns, Verbesserung der individuellen Leistungsfähigkeit“ (BMBWF, 2023b, Absatz Bewegung und Sport).

- „Erwerb eines grundlegenden und vielseitigen Bewegungskönnens und das Schaffen von Möglichkeiten zum Entdecken von Vorlieben für bestimmte Bewegungsformen und deren Einbeziehung in den persönlichen Lebensstil“ (BMBWF, 2023b, Absatz Bewegung und Sport).
- „Vielfältige Körper- und Bewegungserfahrungen in unterschiedlichen Situationen und Räumen, besonders auch in erlebnishaften und naturnahen Bewegungstätigkeiten“ (BMBWF, 2023b, Absatz Bewegung und Sport).
- „Befähigung zum Bewegungshandeln sowohl in Kooperation als auch in Konkurrenz und Befähigung zum Umgehen mit Konflikten“ (BMBWF, 2023b, Absatz Bewegung und Sport).
- „Kritisch-konstruktive Auseinandersetzung (Handeln und Wissen) mit Phänomenen der Bewegungskultur, besonders mit solchen der jeweiligen Trendsportarten, sowie mit Normen und Werten des Sports“ (BMBWF, 2023b, Absatz Bewegung und Sport).

Das Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ soll ein breites Spektrum an erworbenen Fähigkeiten ermöglichen. Für den Aufgabenbereich der Schule soll „Bewegung und Sport“ ein individuelles Engagement schaffen, sodass Verantwortung in einem Team angenommen wird und bedeutende Ziele der Gesellschaft ausgedrückt werden können (BMBWF, 2023b).

Wenn man sich den spezifischen Lehrplan für „Bewegung und Sport“ ansieht und sich mit den Zielen auseinandersetzt, ist schnell ersichtlich, dass die Verbesserungen von kognitiven Funktionen hier nur in einigen Stellen indirekt erwähnt werden. Dies soll im weiteren Verlauf näher betrachtet werden.

3.3.1 Analyse des Lehrplans Bewegung und Sport im Kontext der kognitiven Entwicklung

Durchsucht man den Lehrplan auf Inhalte, welche zu Verbesserungen von kognitiver Entwicklung führen sollen, so wird dies nur in den seltensten Fällen direkt erwähnt, viel öfters ist der Zusammenhang nur indirekt ersichtlich. In folgenden Punkten kann eine Verbindung zu kognitiver Entwicklung festgestellt werden:

- Im Abschnitt Lehrstoff finden sich folgende Textstellen:
  - „Angemessener Aufbau kognitiver Grundlagen zu sportlicher Leistung und Leistungsverbesserung“ (BMBWF, 2023b, Absatz Spielorganisation übernehmen).
  - „Verbessern der koordinativen Fähigkeiten; Bewusstmachen des eigenen Bewegungsverhaltens hinsichtlich Bewegungsqualität und Bewegungsökonomie“ (BMBWF, 2023b, Absatz Grundlagen zum Bewegungshandeln).
  - „Bedeutung der Bewegung für das physische, psychische und soziale Wohlbefinden erfassen“ (BMBWF, 2023b, Absatz Gesundheitsorientiert- ausgleichende Bewegungshandlung).
- Im Abschnitt der Bildungs- und Lehraufgabe findet sich folgender Textausschnitt: „Der Unterrichtsgegenstand Bewegung und Sport soll gleichrangig zur Entwicklung der Sach-, Selbst- und Sozialkompetenz beitragen; durch [...] handlungsleitendes und wertbezogenes Wissen; Wahrnehmungsfähigkeiten für den eigenen Körper und das eigenen Bewegungsverhalten [...] Kreativität“ (BMBWF, 2023b, Absatz Bildungs- und Lehraufgabe).
- Im Abschnitt „Didaktische Grundsätze“ findet sich folgende Textpassage: „Eine angestrebte Leistungssteigerung hat sich an von Schülerinnen und Schülern eigen- und mitbestimmten, aber auch an fremdbestimmten Leistungsmaßstäben zu orientieren; die individuellen Voraussetzungen sind dabei zu beachten und kognitive Grundlagen zur Leistungsverbesserung zu vermitteln“ (BMBWF, 2023b, Absatz Didaktische Grundsätze).

Beschäftigt man sich intensiver mit dem Lehrplan in Bewegung und Sport und wie die Verbesserung der kognitiven Fähigkeit miteinbezogen wird, findet man die Bildungsstandards wieder. Diese sollen im nächsten Kapitel beschrieben werden.

3.3.2 Bildungsstandards

„D konkretisiert Ziele für die pädagogische Arbeit, die an den Lernergebnissen der Schülerinnen und Schüler gemessen werden. Damit rückt das aktive, selbstorganisierte Lernen zum Erreichen des Bildungsstandards ins Zentrum pädagogischen Handelns“ (BMBWF, 2014, S.8).

2009 gab das damalige Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur, heute BMBWF, den Auftrag an die Universität Salzburg, Bildungsstandards für das Unterrichtsfach Bewegung und Sport zu entwickeln (BMBWF, 2014). Wichtig war dabei, dass die Lehrpersonen in den Prozess der Entwicklung einbezogen wurden. Nach zwei Pilotierungsphasen und deren Evaluierung entstanden die Bildungsstandards. Die Bildungsstandards sind in Österreich sehr kontrovers diskutiert. Die größten Kritikpunkte sind hierbei, dass die unterschiedlichen Vorerfahrungen und Leistungsstände der Kinder keine Normierung zulassen, weiters Lehrpersonen ihre eigenen Kenntnisse zu wenig einbringen können, weil die Bildungsstandards diese Inhalte bereits vorgeben (BMBWF, 2014).

Die Bildungsstandards in „Bewegung und Sport“ beruhen auf einem Kompetenzmodell, welches wiederum aus einer Handlungs- und Inhaltsdimension besteht (BMBWF, 2014). Kompetenzen sind hierbei im Vorhinein beschriebene Lernergebnisse, welche kognitive Fähigkeiten, motivationale und soziale Bereitschaft umfassen sollen. Damit meint der Begriff der Kompetenz nicht nur die banale Existenz von Fähigkeiten, Wissen und Können, sondern stellt diese in einem größeren Zusammenhang dar (BMBWF, 2014).

3.3.3 Kompetenzmodell

Das Kompetenzmodell, welches von den vorher genannten Personen entwickelt wurde, lässt sich in einem Raster darstellen (siehe Abbildung 7). Die vertikale Achse bildet den Lehrstoff mit den verschiedenen Themenfelder, die horizontale Achse wird durch die Selbst-, Sozial-, Methoden- und Fachkompetenz gebildet (BMBWF, 2014). Das Modell wird benötigt, um kompetenzorientierten Unterricht zu gewährleisten. Wie schon vorher erwähnt wurde, gibt es große Uneinigkeit über

die Bildungsstandards in Österreich, auch in der Sportdidaktik selbst gibt es kein einziges Modell, welches allgemeine Zustimmung findet (BMBWF, 2014).

Mit dem Kompetenzmodell folgte auch ein Kompetenzkatalog, in welchem die einzelnen Kompetenzbereiche näher beschrieben werden, dies wird im nächsten Kapitel vorgestellt.

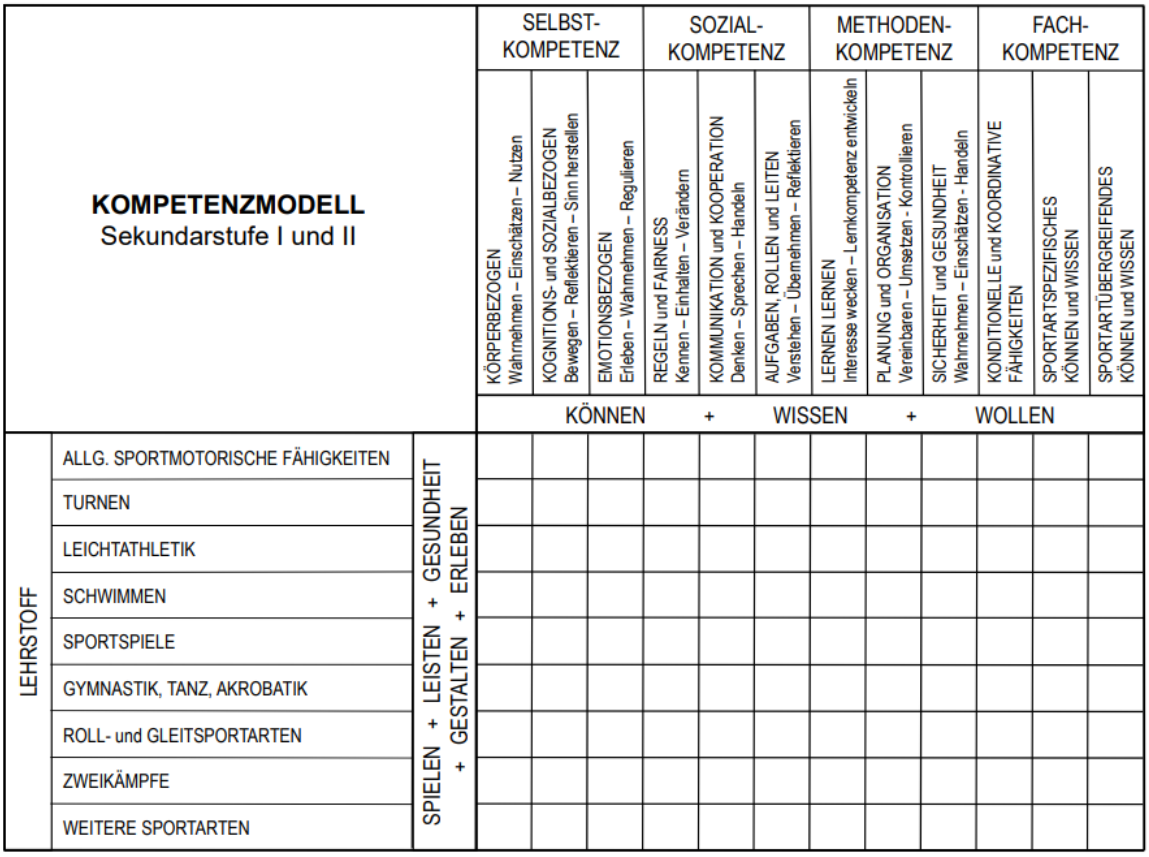


Abbildung 7: Überblick Kompetenzmodell (BMBWF, 2014, S. 14)

3.3.4 Kompetenzkatalog

Der Kompetenzkatalog ist ein Instrument, welches die Gestaltung und Evaluierung des Unterrichtsfaches Bewegung und Sport ermöglicht (BMBWF, 2014). Dabei besteht dieser aus den vier Kompetenzbereichen Selbstkompetenz, Sozialkompetenz, Methodenkompetenz und der Fachkompetenz (Inhaltsdimension). Die einzelnen Bereiche sind zwar in jene vier Teilbereiche aufgeteilt, inhaltlich aber sehr

schwer voneinander getrennt zu betrachten. Die Kompetenzfelder decken zwar einige Erfahrungs- und Bewegungsfelder von „Bewegung und Sport“ ab, jedoch nicht alle (BMBWF, 2014). Umso wichtiger ist es, dass die Erfahrungen und Interessen der Lehrpersonen, sowie der Schülerinnen und Schüler, mitberücksichtigt werden.

Neben den Kompetenzfeldern gibt es auch drei Handlungsfelder, welche sich in eine kognitive und sensomotorische Dimension unterteilen lassen. Diese sollen anhand von Beispielen, welche angelehnt am BMBWF (2014) sind, verständlich gemacht werden:

- Reproduktion: Bei der Reproduktion geht es um das Verstehen und Wiedergeben von Erkenntnissen.
    - Kognitive Reproduktion: Das Kind kann den Weitsprung beschreiben und Gesetzmäßigkeiten festmachen, welche dieser Technik zugrunde liegen.
    - Sensomotorische Reproduktion: Das Kind kann den Weitsprung tatsächlich ausführen und umsetzen.
- Transfer: Das Anwenden von Fertigkeiten in unterschiedlichen Situationen.
    - Kognitiver Transfer: Das Kind kann begründen, in welchen Situationen der Weitsprung sinnvoll eingesetzt werden kann und wie sich dieser situativ anpassen lässt.
    - Sensomotorischer Transfer: Das Kind kann sich an Veränderungen anpassen. Springen in unterschiedlichen Technikarten oder das Entwickeln eingeständiger Ideen.
- Reflexion / Problemlösen: Analysieren und Evaluieren von Bewegungsformen.
    - Kognitive Reflexion / Kognitives Problemlösen: Das Kind kann sehen, welche Fortschritte es im Weitspringen gemacht hat.
    - Sensomotorische Reflexion / Sensomotorisches Problemlösen: Das Kind kann anhand von taktilen, akustischen, kinästhetischen und visuellen Reizen die Bewegung selbst spüren.

3.3.4.1 Selbstkompetenz

In der Sozialkompetenz geht es hauptsächlich um zwei verschiedene Facetten: Selbstreflexion und Selbststeuerung. Bei der Selbstreflexion geht es darum, dass Kinder ihre eigenen Stärken und Schwächen wahrnehmen, sich realistische Ziele setzen und ihre Bedürfnisse äußern und wahrnehmen können (Mehr & Ulrich, 2010). Kinder haben bereits sehr früh ein Bild von sich selbst, welches subjektiv ist und immer mit einer Bewertung von sich selbst verknüpft ist (Asendorpf, 2004). Aus diesem Prozess entsteht dann das Selbstwertgefühl. Dieses wird sehr stark von Selbstvertrauen und der Selbstwirksamkeitserwartung gesteuert (Oerter & Dreher, 2002). Die Selbstwirksamkeitserwartung hat auch Auswirkungen darauf, inwieweit Kinder sich realistische Ziele setzen (Mehr & Ulrich, 2010). Dabei ist von großer Wichtigkeit, wie sehr sie von ihren Handlungen und Entscheidungen überzeugt sind, um ihre gewählten Ziele zu erreichen (Mehr & Ulrich, 2010). Bei den Bedürfnissen der Kinder geht es im Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ hauptsächlich um den Tatendrang und den Erlebnishunger (Rheinberg, 1997). Einerseits geht es darum, dass Kinder ihr Bewegungsbedürfnis ausleben sollen, welches ein hohes Grundbedürfnis ist, andererseits sollen sie auch ihr Sicherheitsbedürfnis wahrnehmen können, um sich selbst nicht zu verletzen.

Bei der Selbststeuerung sollen Kinder in der Lage sein, ihre Aufmerksamkeit und Konzentration zu steuern. Je nach Situation können sie hierbei ihre Wahrnehmung auf ausgewählte Objekte, Zustände oder Prozesse fokussieren. Auch die Motivation und der Wille sind Funktionen, welche unter die Selbststeuerung fallen. Die Motivation sorgt dafür, dass Aufgaben leichter erledigt werden. Sollten dabei keine Probleme auftreten, kann sogar der Zustand des Flows eintreten (Mehr & Ulrich, 2010). Wenn aber Schwierigkeiten auftreten, sorgt der Wille dafür, dass diese trotzdem erledigt werden (Mehr & Ulrich, 2010). Die Regulation von Emotionen ist auch ein wichtiger Prozess. Gerade im Sport ist es wichtig, Emotionen von sich und von anderen interpretieren zu können, um passend auf Situationen zu reagieren.

In den Bildungsstandards werden die Kompetenzen mittels Teilkompetenzen und Deskriptoren formuliert. Für die Selbstkompetenz finden sich folgende Formulierungen in den Bildungsstandards:

- „Die Schüler/innen können ihre körperlich-motorische Leistungsfähigkeit einschätzen (realistisches körperliches Selbstkonzept)“ (BMBWF, 2014, S.21).
- „Der/die Schüler/in kann die eigene sportliche Leistungsfähigkeit in konkreten sportspezifischen Situationen realistisch einschätzen“ (BMBWF, 2014, S.21).
- „Der/die Schüler/in erkennt die Bedeutung und den Einfluss der eigenen Anstrengungen und Fähigkeiten auf die sportmotorischen Leistungen und kann sich dementsprechend in das Unterrichtsgeschehen einbringen“ (BMBWF, 2014, S.21).
- „Die Schüler/innen können am Unterricht aktiv teilnehmen“ (BMBWF, 2014, S.22).

3.3.4.2 Sozialkompetenz

> „Sozialkompetenz ist jener Teil des Wissens der Fähigkeiten und Fertigkeiten eines Menschen, der für sozial kompetentes Verhalten notwendig ist. Das bedeutet, dass ein Mensch sowohl seine Ziele verwirklichen als auch die soziale Akzeptanz des Verhaltens gewahren kann“ (Mehr & Ulrich, 2010, S.9).

Bei der Sozialkompetenz sind nach Mehr & Ulrich (2010) vier Facetten entscheidend: Kommunikation, Kooperation, Umgang mit Konflikten und Moral. Die Kommunikation ist eine wesentliche Fähigkeit, mit der Menschen sich verbal oder nonverbal austauschen können. Dadurch ist es möglich, Informationen untereinander zu teilen. Nicht nur der reine Austausch von Informationen ist wichtig, sondern auch die Fähigkeit, aktiv Dialoge zu führen, sich in eine andere Person hineinversetzen zu können und Kritik äußern und akzeptieren zu können (Mehr & Ulrich, 2010). Die Kooperation ist eine essenzielle Fähigkeit, da man es mit dieser schafft, in Gruppen zusammenzuarbeiten, um gesetzte Ziele zu erreichen. Dabei verbindet die Gruppenmitglieder meist ein gemeinsames Ziel, welches selbst gewählt wurde

oder extern vorgegeben wird. Ganz nach dem Modell der Teamentwicklung von Tuckman (1965) finden in diesem Prozess mehrere Phasen statt, wobei nach Mehr & Ulrich (2010) das Finden der eigenen Rolle die wichtigste Phase ist. Dabei finden die Gruppenmitglieder heraus, ob sie eine leitende Rolle, eine mitarbeitende Rolle oder eine beratende Rolle einnehmen (Mehr & Ulrich, 2010).

Wenn es um Kommunikation und Kooperation geht, kann es oftmals zu Misskommunikation, Missinterpretation und Missverständnissen kommen. Umso wichtiger ist es, dass betroffene Personen die Fähigkeit haben, mit dieser Situation umzugehen, sie frühzeitig zu erkennen und dafür zu sorgen, dass die Zusammenarbeit weiter möglich ist. Für Schülerinnen und Schüler bedeutet das, Probleme offen anzusprechen, vorhandene Regeln und Normen einzuhalten und Spannungen in der Gruppe gemeinsam zu lösen.

Die Moral hat die Aufgabe, Normen und Werte zu wahren, diese umzusetzen, auch wenn persönliche oder äußerliche Ursachen dies erschweren (Mehr & Ulrich, 2010). Im Sportunterricht wird dies oftmals mit dem Wort „Fairplay“ vermittelt. Schülerinnen und Schüler sollen hierbei Regeln akzeptieren, fair gegenüber der anderen Person sein, respektvoll sein und für Chancengleichheit sorgen

Auch für die Sozialkompetenzen finden sich in den Bildungsstandards Ziele, welche mit Hilfe von Operatoren und Deskriptoren formuliert wurden:

- „Die Schüler/innen können als Gruppe Maßnahmen setzen, um Verhaltensnormen und –regeln zu erstellen und einzuhalten“ (BMBWF, 2014, S.23).
- „Die Schüler/innen können den Unterschied zwischen fairem und unfairem Handeln erkennen und sich selbst fair verhalten“ (BMBWF, 2014, S.23).
- „Die Schüler/innen können in einer Gruppe bestehen und kooperieren“ (BMBWF, 2014, S.23).
- „Die Schüler/innen können unterschiedliche Rollen und Aufgaben übernehmen und reflektieren“ (BMBWF, 2014, S.23).

3.3.4.3 Methodenkompetenz

In der Methodenkompetenz geht es hauptsächlich darum, dass Schülerinnen und Schüler lernen, wie Lernen funktioniert. Dabei gehören die Planung, Organisation, Gestaltung, Anwendung und Durchführung von Lernprozessen dazu (BMBWF, 2014). Kinder sollen mit der Zeit in der Lage sein, sich selbstständig mit Problemen zu arrangieren und diese im weiteren Verlauf zu lösen. Je nach Situation und Problemfeld sollen sie dabei auf unterschiedliche Methoden zurückgreifen können, welche ihnen das Lösen ermöglichen.

Wie auch bei den vorhergegangenen Kompetenzen, gibt es für die Methodenkompetenz ebenfalls klar formulierte Ziele:

- „Die Schüler/innen bauen ein Verständnis für Bewegungslernen und körperlich-sportliche Entwicklung auf“ (BMBWF, 2014, S.25).
- „Die Schüler/innen können Bewegungen beschreiben und bewerten“ (BMBWF, 2014, S.26).
- „RISIKEN: Der/die Schüler/in kann in sportlichen Handlungen Risiko und Wagnis in Relation zu den eigenen Fähigkeiten abschätzen“ (BMBWF, 2014, S.26).

3.3.4.4 Fachkompetenz

Im Gegensatz zu den anderen Kompetenzbereichen, ist die Fachkompetenz keine allgemeine Kompetenz, sondern eine Handlungsdimension. Dabei sind die unterschiedlichen Bewegungsfelder in verschiedene Kompetenzbereiche gegliedert. Zu dieser gehören die motorischen Fähigkeiten, die Gesundheit, das Turnen, die Leichtathletik, das Schwimmen, die Sportspiele, Gymnastik, Akrobatik, Tanz, Roll- und Gleitsportarten, die Zweikämpfe und anderweitige Bewegungsfelder (BMBWF, 2014).

Die motorischen Fähigkeiten sind mittels Normwerten im Hürden-Bumerang, Standweitsprung und Sechs-Minuten-Lauf geregelt. Dort gibt es drei verschiedene Niveaus, welche die Leistungsfähigkeit eines Kindes definieren sollen. Alles unter

dem letzten Niveau benötigt dabei unbedingt eine Förderung. Alle anderen Fachkompetenzbereiche haben hierbei wieder klar formulierte Ziele. Einige Beispiele sind:

- Die Schüler/innen kennen anatomische und physiologische Grundlagen des Körpers und können dieses Wissen anwenden (BMBWF, 2014, S.28).
- Die Schüler/innen können Fertigkeiten des Boden- und Gerätturnens ausführen (BMBWF, 2014, S.29).
- Die Schüler/innen können an kleinen Spielen und Sportspielen / Rückschlagspielen erfolgreich teilnehmen (BMBWF, 2014, S.32).

3.4 Zusammenhang Bewegung und Sport und schulischer Lernerfolg

Wie im Kapitel 2.5.2 der Zusammenhang von exekutiven Funktionen und dem schulischen Lernerfolg gezeigt wurde, soll auch hier in Kürze geschildert werden, dass körperliche Aktivität einen Einfluss auf den schulischen Lernerfolg hat. Dass körperliche Aktivität einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg hat, ist dank zahlreicher Studien, welche dies belegen, außer Frage zu stellen (van Dongen et al., 2016; Hillman et al., 2009; Dettweiler et al., 2017). In vielen Schulen ist die Methode des Frontalunterrichts noch weit verbreitet (Bundesschulvertretung, 2017). Schülerinnen und Schüler müssen den Großteil des Tages sitzend auf dem Sessel verbringen und können sich gegebenenfalls entweder in den Pausen bewegen oder im Sportunterricht. In dieser Sitzzeit nimmt die Konzentrationsfähigkeit und die Aufmerksamkeitsspanne stark ab. Diese beiden Bereiche haben Auswirkungen auf den Lernerfolg der Kinder. Durch „Bewegung und Sport“ wird das Gehirn besser mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgt, zusätzlich wird der Kreislauf angeregt, was die Bildung von Verbindungen im Gehirn fördert.

In Österreich gibt es einige Projekte, welche versuchen, die traditionelle Lernumgebung aufzubrechen und bewegungsorientierter zu gestalten (siehe bewegtes Lernen). Auch das BMBWF startete vor einiger Zeit das Projekt „Die tägliche Turnstunde“, wo an Schulen täglich Bewegungseinheiten stattfinden sollten (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2022). Nach der Testung an Pilotenschulen

wurde aber bekanntgegeben, dass dies für alle Schulen organisatorisch nicht umsetzbar sei.

4 Exekutive Funktionen und Bewegung und Sport

Die Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf die Kognition sind ein breites Forschungsfeld und Thema in vielen Studien. Mit kognitiven und motorischen Testverfahren können Erkenntnisse gewonnen werden, inwieweit körperliche Aktivität kognitive Strukturen beeinflussen kann.

In einer Umbrella-Studie aus dem Jahr 2018 konnte festgestellt werden, dass mäßige bis höhere körperliche Aktivitäten Verbesserungen der kognitiven Fähigkeiten, insbesondere der akademischen Leistungen, mit sich bringen (Erickson et al., 2018). Im Leitartikel von Mandolesi et al. (2018) wird gezeigt, dass körperliche Aktivität positive Auswirkungen auf biologische und psychologische Aspekte hat und sich im weiteren Verlauf auch positiv auf kognitive Prozesse auswirkt. Eckenbach et al. (2017) bestätigt diese Aussagen, besonders für regelmäßige, körperliche Aktivitäten, welche die kognitiven Fähigkeiten verbessern sollen.

Die Forschung ist sich einig, dass Sport einen erheblichen Einfluss auf die Kognition hat. Für den Titel dieser Arbeit wurde der Begriff Bewegung und Sport gewählt, da dies der Name des Unterrichtsfaches ist. Da es aber kleine Unterschiede zwischen den Definitionen der Begriffe „körperliche Aktivität“, „Sport“ und „Bewegung und Sport“ gibt, sollen diese Begriffe als Synonyme füreinander verwendet werden, zumal im Sportunterricht alle Begriffe Anwendung finden.

Im Rahmen dieses Kapitels soll der Zusammenhang zwischen exekutiven Funktionen und Bewegung und Sport im Detail beschrieben werden.

4.1 Verarbeitung von Bewegungen im Gehirn

Um den Zusammenhang zwischen exekutiven Funktionen und Bewegung und Sport zu zeigen, soll geklärt werden, welche Bereiche im Gehirn verantwortlich sind, wenn Bewegungen vollzogen werden.

Das Gehirn ist das Organ, welches für Informationsverarbeitung verantwortlich ist. Jede Art von Reiz wird vom Gehirn aufgenommen und weiterverarbeitet, sei es eine Art von Reflexen oder auch komplexere Abläufe. Jeder dieser Prozesse ist meist auch an eine Bewegung geknüpft, beispielsweise Gesichtsmuskeln, welche

sich in einem Gespräch immer wieder spannen und entspannen oder beim Essen das Schlucken (Jansen & Richter, 2016). Damit das Gehirn Informationen für Bewegungsabläufe erhalten kann, müssen diese weitertransportiert werden, dies erledigen Neuronen (Jansen & Richter, 2016). Mit Hilfe von Ionenströmungen werden diese an die Neuronen weitergeleitet, welche die erhaltenen Informationen verarbeiten und auswerten.

Um Bewegungen ausführen zu können, müssen sich Muskeln kontrahieren, diese wiederum bewegen die Gelenke in die gewünschte Richtung. Im Falle der Muskulatur sind die Motoneuronen dafür verantwortlich, dass Muskeln kontrahieren. Diese entspringen im Rückenmark und sind direkt mit den Muskelfasern verbunden. Zusätzlich zu der motorischen Komponente müssen Bewegungen einerseits visualisiert werden, andererseits sorgen Propriozeptoren (Wahrnehmungsrezeptoren) dafür, dass Geschwindigkeit, Richtung und Winkel von Gelenksbewegungen registriert werden (Jansen & Richter, 2016). Durch das Zusammenspiel all dieser Prozesse ist es einem möglich, Bewegung willkürlich zu steuern.

Um diesen Prozess verständlicher zu machen, sollen beteiligte Strukturen im Gehirn, welche für die Durchführung einer Bewegung verantwortlich sind, näher betrachtet werden.

4.1.1 Motorischer Kortex

Der motorische Kortex ist das Areal im Gehirn, welches für die willkürlichen Bewegungen zuständig ist. Dieser befindet im Frontallappen, welcher in Kapitel 2.3.1 kurz beschrieben wird. Der motorische Kortex kann auf verschiedene Arten unterteilt werden, wichtige Areale für die Bewegungsabläufe sind der primärmotorische Kortex und prä- beziehungsweise supplementär-motorische Kortex, der präfrontale Kortex, sowie der parietale Kortex (siehe Abbildung 8) (Jansen & Richter, 2016).

Der prä- beziehungsweise supplementär-motorische Kortex hat die Aufgabe, Bewegungsabläufe zu planen und einzuleiten (Jäncke, 2013). Bei Untersuchungen von Affen, welche bestimmte Bewegungsabläufe durchführen mussten, stellte

man fest, dass Neuronen im Areal des prämotorischen und supplementär-motorischen Kortexes vor der Bewegungsdurchführung aktiv waren (Jansen & Richter, 2016). Führten die Affen die Bewegung selbst durch, waren die Neuronen des Areals nicht mehr aktiv. Auch bei Menschen, welche Schäden im genannten Areal aufwiesen, zeigte sich, dass sie Schwierigkeiten hatten, Bewegungen zu initiieren (Jäncke, 2013). Somit konnte das Fazit gezogen werden, dass das Areal nur während der Planung der Bewegung aktiv ist, sobald die Bewegung aktiv durchgeführt wird, wird der primärmotorische Kortex zum aktiven Areal (Jäncke, 2013).

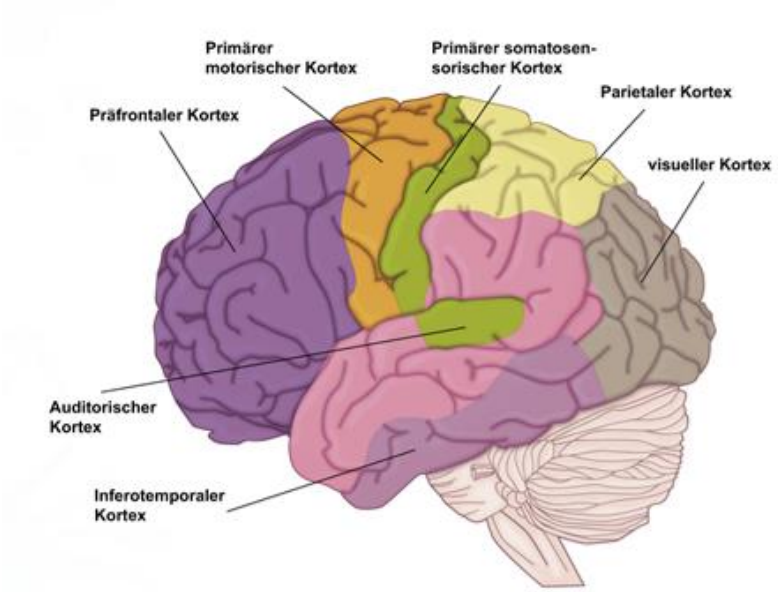


Abbildung 8: Überblick Motorareale (NeuroTransConcept GmbH, 2023, Absatz Demenz)

Der primärmotorische Kortex ist aktiv, während Bewegungen durchgeführt werden (Jansen & Richter, 2016). Dabei werden die Motoneuronen von diesem Areal gesteuert, welche dann dafür sorgen, dass Muskeln kontrahiert werden (Jansen & Richter, 2016). Auf dem primärmotorischen Kortex befindet sich der motorische Homunculus (lat. Menschlein). Dieser wird als „Karte des Menschen“ bezeichnet und ist somatotop aufgebaut (siehe Abbildung 9). Dabei sind die Neuronen in diesem Bereich nach den Körperregionen unterteilt (Jäncke, 2013). Je nachdem, welche Neuronen im Bereich des motorischen Homunculus aktiv sind, wird das kontralaterale Körperteil in Bewegung versetzt (Jäncke, 2013). Getestet hat man dies

an Menschen, welche eine Operation am Gehirn hatten. Dort reizte man verschiedene Hirnareale mit Hirnströmen, um herauszufinden, auf welche Bereiche während der Operation geachtet werden muss (Jansen & Richter, 2016).

Zusätzlich zum motorischen Kortex sind auch noch weitere Strukturen in den Prozess der Bewegungsdurchführung eingebunden. Der präfrontale Kortex und der parietale Kortex sind für das Ziel der Bewegung, sowie für die Bereitstellung von sensomotorischen Informationen zuständig (Jansen & Richter, 2016). Das Kleinhirn und die Basalganglien unterstützen den motorischen Kortex bei der Initialisierung der Bewegung und sorgen für die nötige Feinmotorik. Es gibt noch einige, weitere Strukturen, wie das frontale Augenfeld, auf diese soll aber nicht weiter eingegangen werden.

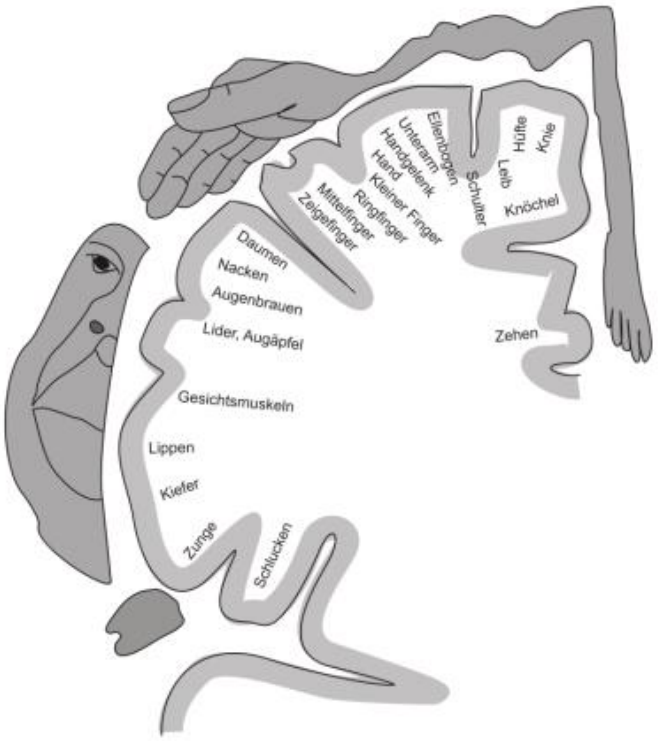


Abbildung 9: Aufbau motorischer Homunculus (Schäfers, 2023, Absatz Parietallappen)

4.1.2 Bewegungsmodelle

Im vorangegangenen Kapitel wurde geklärt, wie das Gehirn Bewegungen aufnimmt und verarbeitet. Nun soll veranschaulicht werden, wie das Gehirn es schafft, die verschiedensten, komplexen Bewegungsformen tatsächlich umzusetzen. Eine Theorie, welche im Allgemeinen aus dem Feld der Ingenieurwissenschaft kommt,

besagt, dass das Gehirn Bewegungen mit Hilfe von internen, motorischen Modellen verwirklicht (Jansen & Richter, 2016). Diese Modelle besagen, dass das Gehirn Zusammenhänge zwischen motorischen Kommandos und sensorischen Informationen abspeichert. Demnach haben Neuronen für jede Aktivität ein spezifisches motorisches und sensorisches Aktivitätsmuster (Jansen & Richter, 2016). Interne Modelle verhelfen dazu, dass zukünftige Bewegungsziele zuerst geplant werden, danach umgesetzt werden. Im weiteren Verlauf sollen diese Modelle näher beleuchtet werden.

4.1.2.1 Inverses Modell

Inverse Modelle sorgen dafür, dass die kausale Beziehung in einem motorischen System umgedreht wird (Jansen & Richter, 2016). Das motorische Kommando bestimmt dabei nicht das Bewegungsziel, sondern das gewünschte Bewegungsziel sucht sich das passende, motorische Kommando (siehe Abbildung 10) (Jansen & Richter, 2016). Der Fuß soll zum Beispiel in eine gewünschte Position gebracht werden, dabei wird ein motorisches Kommando gesucht, welches dies umsetzt. Weil der Fuß aber über unterschiedliche Wege in die gleiche Endposition gebracht werden kann, weiters nicht nur Muskeln, sondern Gelenke und anderer Strukturen mitwirken, ist das Modell recht komplex.

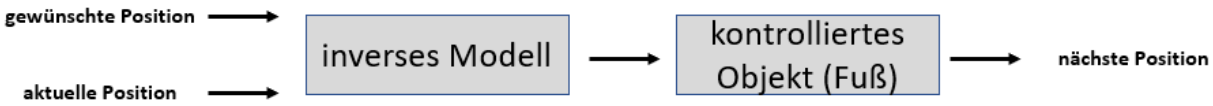


Abbildung 10: Darstellung inverses Modell (In Anlehnung an Jansen & Richter, 2016, S. 80)

Thier (2006) setzte sich mit der Frage auseinander, welche Bewegungsmuster gewählt werden, wenn verschiedenste Möglichkeiten das gleiche Bewegungsziel erreichen können. Dabei konnte er keinen eindeutigen Beweis finden, die Vermutung war aber, dass das Gehirn jene Bewegungsform wählt, welche eine günstige Bewegungskurve aufweist (Thier, 2006). Konkret bedeutet dies, dass versucht wird die Bewegung mit so wenigen Positionsänderungen wie möglich auszufüh-

ren. Eine weitere Vermutung ist, dass das Gehirn versucht, Kräfte bei der Bewegung möglichst gering zu halten, sodass energieeffiziente Bewegungen durchgeführt werden (Thier, 2006).

Damit sich das Gehirn auf interne Modelle verlassen kann, müssen diese gelernt werden. Dies passiert bereits im frühen Kindesalter. Das Kind fällt mehrmals hin, bevor es gehen lernt, greift hunderte Male nach Objekten und lässt diese fallen (Jansen & Richter, 2016). Dabei speichert das Kind die gewonnen Erfahrungen als Modelle ab. Diese bleiben aber nicht unverändert, sondern müssen ständig an neue Gegebenheiten angepasst werden. Beispielhaft dafür wäre, dass Objekte unterschiedliche Größen und Gewichte haben und dies beim Greifen berücksichtigt werden muss (Jansen & Richter, 2016).

Bei inversen Modellen findet der Lern- und Anpassungsprozess so statt, das Handlungsfehler als Lernsignale genutzt werden (Jansen & Richter, 2016). Anfangs ist ein gewünschter Zustand, wie zum Beispiel das Bewegen der Hand in eine gewünschte Position, vorhanden. Dieser Zustand wird in das inverse Modell eingeführt, zusätzlich wird ein motorisches Kommando zur Bewegung erstellt (Jansen & Richter, 2016). Die entstandene Bewegung wird dann an ein Feedback-System zurückgesendet, welche den Ist und Soll Zustand miteinander vergleicht. Sollte eine Abweichung vorhanden sein, wird der Handlungsfehler an das Modell weiteregegeben und dieses verbessert den Fehler. Je häufiger dies passiert, desto seltener greift das Feedback-System ein, folglich werden Bewegungen automatisiert durchgeführt. Der Prozessablauf ist in Abbildung 11 aufgezeigt.

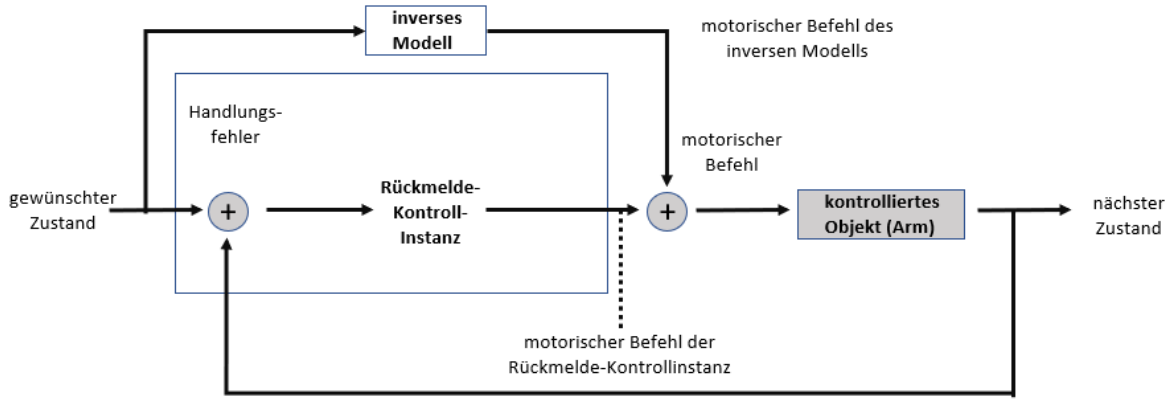


Abbildung 11: Prozessablauf Lernen von inversen Modellen (In Anlehnung an Jansen & Richter, 2016, S. 84)

4.1.2.2 Vorwärts-Modell

Vorwärts-Modelle haben die Möglichkeit, aus Informationen der aktuellen Position eines Körperteils auf zukünftige Positionen zu schließen (siehe Abbildung 12) (Jansen & Richter, 2016). Während inverse Modelle den kausalen Zusammenhang umdrehen, schaffen Vorwärts-Modelle es, die Funktionsweise eines Systems abzubilden (Jansen & Richter, 2016). Dabei nehmen sie den aktuellen Zustand und machen eine Kopie des motorischen Befehls. Dieser wird in das Modell eingespeist, sodass der zukünftige Zustand eines Körperteils bestimmt werden kann. Mit dieser Fähigkeit ist es dem Modell möglich nicht nur ein Körperteil zu steuern, sondern zwei gleichzeitig, beispielsweise beide Arme oder beide Beine. Weiters ist es dadurch möglich, die Griffkraft individuell an eine Situation anzupassen. Flanagan & Wing (1993) führten in einer Studie Versuche durch, in denen Personen horizontale und vertikale Bewegungen vollführen mussten und dabei ein Objekt in der Hand hielten. Dabei stellten sie fest, dass die Lastkraft synchron mit der Griffgraft einherging (Flanagan & Wing, 1993). Wurde das Gewicht aber willkürlich verändert, gab es eine Latenz bei der Anpassung der Griffkraft.



Abbildung 12: Vorwärts-Modell (In Anlehnung an Jansen & Richter, 2016, S. 83)

Auch beim Vorwärts-Modell gibt es einen Lern- und Anpassungsprozess. Dabei lässt sich dieser vom inversen Modell fast ident auf das Vorwärts-Modell umlegen. Statt einem Handlungsfehler gibt es hier einen Vorhersagefehler, welcher den Unterschied zwischen dem vorhergesagten Zustand und dem eingetretenen Zustand aufzeigt. Im Gegensatz zu den Handlungsfehlern stehen Vorhersagefehler erst nach einer gewissen Zeit zur Verfügung, weil die vorhergesagte Schätzung auf das tatsächliche Ereignis warten muss (Jansen & Richter, 2016).

4.2 Auswirkungen von Bewegung und Sport auf kognitive Fähigkeiten

Wie in der Einführung des Kapitels schon erwähnt wurde, gibt es genügend Hinweise dafür, dass Bewegung und Sport kognitive Fähigkeiten steigern können. Im weiteren Verlauf soll dieser Konsens mit Hilfe von relevanten Studien und Leitartikeln näher beschrieben werden.

Wenn eine Sache unumstritten ist, dann, dass körperliche Aktivität physischen Gegebenheiten verbessert. Wenn es um die Aussage geht, dass Sport unterschiedliche Einflüsse auf die kognitiven Fähigkeiten macht, belegen dies unterschiedliche Studien und Leitartikel (Tilp et al., 2019; Jansen, 2014; Hillman et al., 2008; Hillman & Schott, 2013). Dass Sport unterschiedliche Einflüsse auf die kognitiven Fähigkeiten hat, belegen diverse Studien und Leitartikel. Kritisch hinterfragt werden muss im Hinblick auf den positiven Effekt von Sport auf die kognitiven Fähigkeiten, welche Art von Sport ausgeübt wird und welche kognitiven Funktionen beeinflusst werden. Van der Fels et al. (2015) setzten sich in ihrem Review mit Korrelationsstudien auseinander, welche einen Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und kognitiven Fähigkeiten aufzeigen wollten. Dort kamen sie zum Ergebnis, dass keine allgemeine Aussage getroffen werden kann, aufgrund von verschiedenen Testmethoden, Betrachtung unterschiedlicher Stichproben und der nicht identen statistischen Auswertung in den betrachteten Studien (van der Fels et al., 2015). Nicht jede Form und Dauer von Sport hat den gleichen Effekt, in den Ergebnissen muss berücksichtigt werden, welche Intensität von Sport gemeint ist

und welche Art von Sport beschrieben wird, verallgemeinerte Aussagen sind deshalb nicht möglich.

Aus gegebenen Grund soll die körperliche Aktivität und der Einfluss auf kognitive Fähigkeiten einmal in Bezug auf kurze und akute Belastungen untersucht werden und einmal auf regelmäßige, körperliche Aktivität. Weiters sollen im Interesse der Arbeit die Auswirkungen auf die drei Kernfunktionen der exekutiven Funktionen (Kapitel 2.2.1-2.2.3) gezeigt werden.

4.3 Einmalig akute Belastungseffekte

Die Untersuchungen des Zusammenhangs von kurzzeitigen Belastungen auf kognitive Fähigkeiten fanden bereits in den späten siebziger Jahren statt. Gabbard & Barton (1979) stellten in ihrer Untersuchung fest, dass Kinder mit einer 50-minütigen Belastung wesentlich besser in einem Rechentest abschnitten als Kinder, welche nur 30 Minuten belastet wurden. Diamond & Lee (2016) führten mit jungen Erwachsenen eine kurze Yoga-Einheit durch und konnten einen Effekt auf kognitive Funktionen nachweisen. Auch Kubesch et al. (2009) führten ein 30-minütiges Ausdauer- und Koordinationstraining im Sportunterricht durch und konnte einen Einfluss aufzeigen. Hillman et al. (2009) vollführte mit 20 Kindern im Alter von neun Jahren 20-minütige Interventionen durch, wobei mittels EEG-Untersuchungen, Flanker- und Wide Range-Test, Inhibition, Lesefähigkeiten, die Fähigkeit des Buchstabierens und Rechenfähigkeiten ermittelt wurden. Dort stellten sie fest, dass es Verbesserungen im Bereich der Fähigkeiten des Buchstabierens und der Genauigkeit gab, aber keine in den vorher genannten Kategorien (Hillman et al., 2009).

Durch die Erwähnung dieser Studien könnte vermutet werden, dass akute Belastungseffekte eindeutig einen positiven Einfluss auf kognitive Funktionen haben, dieser ist aber nicht immer eindeutig. Stroth et al. (2009) führten mit 35 Jugendlichen im durchschnittlichen Alter von 14 Jahren einen Ergometer-Test durch, welcher kontinuierlich gesteigert wurde. Mit Hilfe einer Kombination aus Flanker-Test und go/nogo Aufgaben beziehungsweise EEG-Messungen, konnten sie keinen signifikanten Einfluss auf die kognitiven Funktionen zeigen (Stroth et al.,

2009). Auch Jansen & Richter (2016) kamen durch Analysen von verschiedenen Studien zu dem Schluss, dass kurze Interventionen nicht immer mit einem Effekt auf kognitive Funktionen korrelieren.

Trotz nicht immer eindeutiger Ergebnisse kann dem Sport nicht abgesprochen werden, dass ein positiver Effekt auf kognitive Funktionen vorhanden ist, lediglich müssen die Ergebnisse und die Art der Auswertung richtig interpretiert werden. Nicht jede Art von Sport kann die kognitiven Fähigkeiten verbessern. Von Bedeutung für diese Arbeit ist nicht nur der allgemeine Effekt auf kognitive Funktionen, sondern auch auf exekutive Funktionen. Da die exekutiven Funktionen in dieser Arbeit mittels der drei Kernfunktionen Inhibition, Arbeitsgedächtnis und kognitive Flexibilität beschrieben wurden, soll im weiteren Verlauf auf den Zusammenhang und Einfluss auf die drei Kernfunktionen eingegangen werden.

4.3.1 Einfluss von kurzzeitigen Bewegungsinterventionen auf exekutive Funktionen

Da exekutive Funktionen ein Teil der kognitiven Funktionen sind, kann angenommen werden, dass die vorher genannten Ergebnisse auch für diese gelten, obwohl sie nicht explizit genannt werden. Konkret beschäftigten sich unzählige Studien und Reviews damit, inwiefern exekutive Funktionen von kurzeitigen, akuten Sportinterventionen beeinflusst werden. Demnach zeigte sich schnell, dass die Inhibition als eine der drei Kernfunktionen besonders stark von kurzen Belastungseinheiten profitiert. Best (2010) untersuchte verschiedenste Studien, welche sich mit genau diesem Zusammenhang beschäftigten. In einem Überblick (siehe Tabelle 1) sind diese Studien und der Einfluss von kurzen Sportinterventionen auf exekutive Funktionen zusammengefasst.

Tabelle 1: Überblick der Studien, welche einen Zusammenhang zwischen akuten Belastungen und exekutive Funktionen zeigen (Best, 2010, Absatz What is the experimental evidence that aerobic exercise impacts children's EF?)

Authors	n	Sample	Exercise intervention	Duration	Tests	Results
Caterino & Polak (1999)	177	2nd–4th grade, healthy	Stretching and aerobic walking	15 min	WJ Test of Concentration	Improved performance only for 4th grade children
Tomporowksi et al. (2008)	69	7–11 yrs, overweight	Treadmill walking (moderate intensity)	23 min	Task-switching	No effect in comparison to video watching rest condition
Hillman et al. (2009)	20	*M* = 9.6 yrs, (*SD* = 0.7) healthy	Treadmill walking (60% of max HR)	20 min	Flanker task	Improved accuracy following walking Improved reading comprehension Greater P3 in fronto-central, central regions
Ellemberg & St. Louis-Deschênes (2010)	72	7 & 10 yrs, healthy boys	Stationary biking while watching TV (63% of max HR)	40 min	Simple & choice RT task	Decreased RT on both tasks following biking No effect on accuracy No age differences
Pesce et al. (2009)	60	11–12 yrs, healthy	Group games (HR = 137 BPM) Circuit training (HR = 146 BPM)	1 hr	Free-recall immediate and delayed memory	Equivalent impact on delayed recall Greater impact on immediate recall following group games
Stroth et al. (2009)	35	13–15 years, healthy	Stationary biking (60% of max HR)	20 min	Go/No-go version of flanker task	No effect on behavioral or ERP data in comparison to watching a video
Budde et al. (2008)	115	13–16 yrs, healthy	Coordinative Exercise (HR = 122 BPM) Circuit training (HR = 122 BPM)	10 min	d2 selective attention task	Improvement in both conditions relative to pre-test Greater improvement following coordinative exercise

4.3.1.1 Inhibition

Sibley et al. (2006) untersuchte in einer Studie 76 Studentinnen und Studenten im Alter von 19 bis 35 Jahren. Dabei mussten sie einmal ein 20-minütiges Laufbandtraining durchführen und ein anderes Mal eine 20-minütige Ruhephase (Borris, 2015). Nach diesen Interventionen wurde mittels Stroop-Aufgaben ihre Inhibitionsfähigkeit getestet. Dabei wurde festgestellt, dass nach dem Laufbandtraining die Inhibition signifikant besser war als nach der Ruhephase (Borris, 2015). In der Studie von Kubesch et al. (2009) wurden 81 Schülerinnen und Schüler in

zwei Gruppen geteilt und nahmen an zwei verschiedenen Bewegungsinterventionen teil. Die eine Gruppe nahm bei der ersten Aktivität an einem 30-minütigen Ausdauertraining teil, während die andere Gruppe als Kontrollgruppe diente (Kubesch et al., 2009). Bei der zweiten Intervention, einer Bewegungspause von fünf Minuten, wurde dasselbe Schema angewandt. Mit Hilfe von Flanker- und Dot-Tests wurde die Inhibition vor und nach den beiden Bewegungsinterventionen gemessen. Dabei stellte sich heraus, dass die Gruppe, welche das 30-minütige Ausdauertraining durchführte, einen deutlichen Anstieg der Inhibition erreichte, während die andere Gruppe keine messbare Verbesserung erzielte (Kubesch et al., 2009). In einer weiteren Studie von Alves et al. (2012) nahmen 42 Erwachsene im Alter von 44 bis 59 Jahren an drei Bewegungsangeboten teil. Diese waren ein 15-minütiger Vortrag (Ruhephase), ein 15-minütiges Stretching Programm und eine aerobe Belastung in der Länge von 30 Minuten (Borris, 2015). Mit Stroop-Aufgaben wurden die Inhibitionsfähigkeit und die kognitive Flexibilität nach den Bewegungsinterventionen gemessen. Man konnte wiederum feststellen, dass die Inhibitionsfähigkeit der Probanden und Probandinnen, im Vergleich zur Kontrollgruppe, signifikant angestiegen ist, während sich die kognitive Flexibilität kaum verändert hat (Alves et al., 2012).

Einige weitere Studien (Hillman et al., 2009; Kida et al., 2005) konnten dieselben Resultate erzielen: Die Inhibitionsfähigkeit profitiert besonders stark von kurzzeitigen, akuten Bewegungsinterventionen.

4.3.1.2 Arbeitsgedächtnis

Zum Einfluss von kurzzeitigen Bewegungsinterventionen auf das Arbeitsgedächtnis gibt es auch einige relevante Studien. Tomporowski & Ganio (2006) führten zwei Untersuchungen durch, einmal mit acht Männern im Alter von 21 bis 24 Jahren, welche eine 40- minütige Ausdauerbelastung am Fahrradergometer verrichten und einmal mit zehn Frauen im Alter von 21 bis 42 Jahren, welche die gleiche Aufgabe hatten, mit dem Unterschied, dass sie 120 Minuten andauerte (Tomporowski & Ganio, 2006). Mit Hilfe des Paced Auditory Serial Additional Task

(PASAT) stellten sie die Leistung des Arbeitsgedächtnisses vor und nach der Bewegungsintervention fest. PASAT ist eine Testmethode, um kognitive Funktionen zu testen (The National Multiple Sclerosis Society, 2023). Dabei bekommen Probanden und Probandinnen eine einzelne Zahl für drei Sekunden gezeigt und diese müssen sie auf die darauffolgende Zahl addieren (The National Multiple Sclerosis Society, 2023). Tomporowski & Ganio (2006) konnten nach der Untersuchung feststellen, dass die Leistung des Arbeitsgedächtnisses signifikant gesteigert wurde.

Eine weitere Studie, welche den Zusammenhang aufzeigen soll, ist die von Sibley & Beilock (2007). In dieser Studie wurden 48 Studentinnen und Studenten im durchschnittlichen Alter von 21,5 Jahren untersucht. Hierbei mussten die Studierenden an einem 30-minütigen Laufbandtraining teilnehmen, welches 60-80 % ihrer individuellen maximalen Herzfrequenz entsprach (Sibley & Beilock, 2007). Davor und danach wurden Fähigkeiten des Arbeitsgedächtnisses mit dem Reading-Span-Test und dem Operation-Span-Test gemessen. Beim Operation-Span-Test müssen Probandinnen und Probanden eine Gleichung lösen, wobei diese ein spezifisches Wort enthalten (6x4-2=10; Katze) (McMorris, 2016). Probandinnen und Probanden müssen dabei überprüfen, ob die Gleichung korrekt ist und das Wort laut vorlesen. Nach einigen Gleichungen müssen sie die spezifischen Wörter aufschreiben. Beim Reading-Span-Test geht es darum, den Inhalt eines Satzes zu verifizieren und einen zusätzlichen Buchstaben laut auszusprechen („Im Park zu spazieren, ist eine angenehme Aktivität; M“) (McMorris, 2016). Danach müssen Probandinnen und Probanden nach einer Anzahl an Sätzen die einzelnen Buchstaben notieren. Sibley & Beilock (2007) konnten nach den Testungen einen signifikanten Anstieg des Arbeitsgedächtnisses feststellen, allerdings nur bei den Studierenden, welche bei der ersten Testung eine schwache Leistung des Arbeitsgedächtnisses aufwiesen.

Einige weitere Studien und systematische Reviews (Zach & Shalom, 2016; Mou et al., 2023; Voss et al., 2020) konnten ähnliche Ergebnisse erzielen.

4.3.1.3 Kognitive Flexibilität

Die kognitive Flexibilität ist von den drei Kernfunktionen diejenige, wo am wenigsten Studien einen positiven Einfluss zeigen konnten. Dies könnte daran liegen, dass kurzzeitige Bewegungsinterventionen tatsächlich geringe bis keine Auswirkungen auf diesen Bereich der exekutiven Funktionen haben. Nichtsdestotrotz gibt es auch einige wenige Studien, welche sich mit dieser Thematik auseinandergesetzt haben.

Shi et al. (2022) haben in ihrer Studie 66 junge Erwachsene untersucht. Dabei wurden diese in zwei Gruppen geteilt, eine, wo sportlich fitte Personen eingeordnet wurden und eine, wo unfitte Personen zugeordnet wurden (Shi et al., 2022). Das Fitnesslevel der Probandinnen und Probanden wurde dabei mit Hilfe eines kurzen Ausdauertests bestimmt. Danach nahmen die Personen an verschiedenen hoch- und moderat-intensiven Trainingseinheiten teil, wobei auch eine Kontrollgruppe existierte, welche ruhig lesen musste. Ihre kognitiven Fähigkeiten wurde dabei mit dem Task-Switching-Tests getestet (Shi et al., 2022). Dabei bekamen die Probandinnen und Probanden Zahlen auf einem Bildschirm gezeigt und mussten Aussagen dazu verifizieren oder falsifizieren. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Personen je nach ihrem Fitnesslevel, unterschiedlich stark von den verschiedenen Trainingseinheiten profitieren und folglich auch ihre kognitive Flexibilität (Shi et al., 2022). Folglich muss in Zukunft auch das Fitnesslevel einer Person mitberücksichtigt werden.

An der Studie von Ellemberg & St-Louis-Deschêne (2010) nahmen 72 Jungen im Alter von sieben und zehn Jahren teil. Die eine Hälfte musste ein 40-minütiges Training am Fahrradergometer durchführen, während die andere Gruppe nur fernsehen musste (Ellemberg & St-Louis-Deschêne, 2010). Beide Gruppen wurden vorher und nachher mit Hilfe des „Choice response time task“ getestet, welcher die allgemeine Aufmerksamkeit und motorische Geschwindigkeit testet. Dabei werden den Probanden und Probandinnen zwei Antwortmöglichkeiten gegeben, welche aufgrund von vorher genannten Aussagen richtig ausgewählt werden müssen (Ellemberg & St-Louis- Deschêne, 2010). Nach den Testungen konnte erhoben

werden, dass die Experimentalgruppe wesentliche Leistungssteigerungen aufweisen konnte, während die Kontrollgruppe keine wesentlichen Verbesserungen aufweisen konnte.

Weitere Studien und Artikel (Bae & Masaki, 2019; Heath & Shukla, 2020; Benzing et al., 2016) konnten auch wesentliche Zusammenhänge aufzeigen, wobei diese oftmals auch vom Fitnesslevel einer Person abhängig, und nicht immer eindeutig interpretierbar, sind.

4.4 Regelmäßige Belastungseffekte

Da akute Belastungseffekte einen positiven Einfluss auf kognitive Fähigkeiten haben, kann dies auch für regelmäßige Belastungseffekte erahnt werden. Tilp et al. (2019) untersuchten in ihrer Studie den beschriebenen Zusammenhang. 69 Kinder im Alter von 11 bis 14 Jahren nahmen vier Wochen lang an einem Sportprogramm teil, welches fünfmal die Woche besucht wurde und im Wesentlichen aus einem Stationenbetrieb bestand, welcher auf sensomotorische und koordinative Übungen aufbaut (Tilp et al., 2019). Zusätzlich zu diesem Programm mussten die Kinder an drei Testungen teilnehmen, welche im Abstand von fünf Wochen angesetzt wurden. Die Testungen bestanden dabei aus einem Lesetest (Salzburger Lese-Screening), der Überprüfung der Rechenfähigkeiten (French-Kit), einem Aufmerksamkeitstests (Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar) und weiteren Testungen im Bereich der Psychometrik (Auer et al., 2005; Ekstrom et al., 1976; Moosbrugger & Oehlschlägel, 1996). Mit den Ergebnissen der Testungen konnten Tilp et al. (2019) feststellen, dass die Experimentalgruppe, im Vergleich zur Kontrollgruppe, in den Bereichen Kreativität (AUT: Alternative Uses Test), Aufmerksamkeit/Konzentration und Rechenfähigkeiten eine wesentliche Leistungssteigerung erfahren haben (siehe Abbildung 13).

Vergleicht man akute Belastungseffekte mit regelmäßigen Interventionen, kann im Allgemeinen davon ausgegangen werden, dass regelmäßige körperliche Aktivität einen viel höheren Einfluss auf kognitive Funktionen hat als akute Bewegungsinterventionen, weil mit der Dauer der Belastung auch das Fitnesslevel einer Person

steigt und dies sich wiederum verstärkt positiv auf die kognitiven Funktionen auswirkt (Borris, 2015). Sibley & Etnier (2003) bestätigten diese Aussage, in ihrer Meta-Analyse konnten sie feststellen, dass langfristige Bewegungsinterventionen gerade bei Kindern und Jugendlichen einen stärkeren Einfluss haben. Chaddock et al. (2012) untersuchten in ihrer Studie neun- bis zehnjährige Kinder, um herauszufinden, inwieweit das Fitnesslevel zur Gehirnaktivität beiträgt. Dabei mussten die Kinder an kongruenten und inkongruenten Testungen teilnehmen, welche auch im Zeitpunkt der Durchführung (früh und spät) variierten (Chaddock et al., 2012). Das Ergebnis war, dass die fitten und unfitten Kinder in Aufgaben, welche geringe kognitive Fähigkeiten benötigen, ähnliche Gehirnaktivitäten aufwiesen (Chaddock et al., 2012). Lediglich bei den Aufgaben, welche höhere kognitive Ansprüche hatten, konnten die Kinder mit hohem Fitnesslevel besser abschneiden (Chaddock et al., 2012).

Im Gegensatz zu den akuten Belastungen kann bei den regelmäßigen Bewegungsinterventionen das Gehirn mit Hilfe der Magnetresonanztomographie untersucht werden, um festzustellen, wie sich die Gehirnaktivität langfristig verändert und wie Gehirnstrukturen sich entwickeln (Kubesch, 2016). In der Studie von Chaddock-Heyman et al. (2013) wurden Kinder im Alter von acht bis neun Jahren im Zeitraum von neun Monaten untersucht. Dabei nahmen sie fünfmal die Woche an 70-minütigen Bewegungsinterventionen teil, welche aus einer Mischung aus Motorik- und Kräftigungsübungen aufgebaut waren (Kubesch, 2016). Nach dem neunmonatigen Programm wurden die Experimental- und Kontrollgruppe mit dem Flanker-Test getestet (Chaddock-Heyman et al., 2013). Dabei konnten sie feststellen, dass die Gehirnaktivität der Kinder aus der Experimentalgruppe sich der Gehirnaktivität von jungen Erwachsenen anglich, welche als Modell für ein ausgereiftes Gehirn gelten (Chaddock-Heyman et al., 2013). Bei der Kontrollgruppe wurden keinerlei Veränderungen in der Gehirnaktivität festgestellt. Zusätzlich stellte sich bei der Auswertung der Fehleranalyse und Reaktionszeiten heraus, dass die Leistungsfähigkeit der Experimentalgruppe nach den neunmonatigen Bewegungsinterventionen deutlich angestiegen ist (Chaddock-Heyman et al., 2013).

Demnach machten sie nur mehr annähernd so viele Fehler wie junge Erwachsene. Bei der Kontrollgruppe konnten keinerlei Verbesserungen festgestellt werden.

Wie auch im vorangegangenen Kapitel, soll auch hier der Einfluss auf exekutive Funktionen näher betrachtet werden.

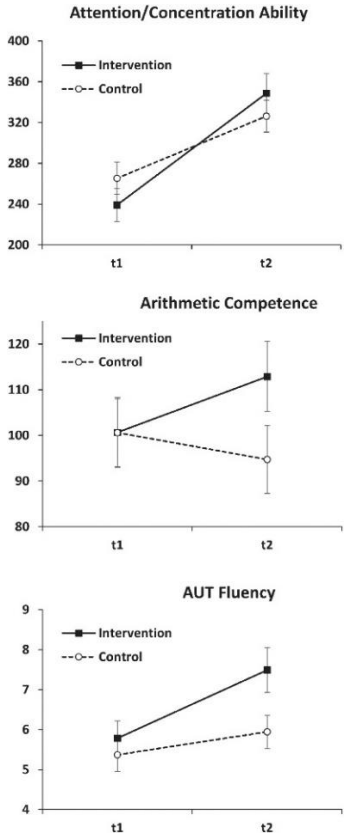


Abbildung 13: Ergebnisse im Bereich Aufmerksamkeit/Konzentration, Rechenfähigkeiten und Kreativität (Tilp et al., 2019; Absatz Results)

4.4.1 Einfluss von regelmäßigen Bewegungsinterventionen auf exekutive Funktionen

Der Einfluss von regelmäßigen Bewegungsinterventionen auf exekutive Funktionen wurde bereits in den neunziger Jahren bei depressiven Menschen erforscht (Kubesch & Walk, 2009). Mit dem heutigen Forschungsstand weiß man, dass nicht nur akute Bewegungsinterventionen eine Verbesserung der exekutiven Funktionen mit sich bringen, sondern auch regelmäßige Bewegungsinterventionen (van der Niet et al., 2014; Kamijo & Takeda 2010; Guiney & Machado 2013). Um auch hier den Einfluss auf exekutive Funktionen besser zu veranschaulichen und greifbarer zu machen, zumal diese im Allgemeinen eine breite Palette an Begriffen meint, sollen im weiteren Verlauf Studien näher betrachtet werden, welche sich

konkret auf einige wenige exekutive Funktionen beziehen. Relevant für die Arbeit wären wieder die drei Kernfunktionen Inhibition, Arbeitsgedächtnis und kognitive Flexibilität.

4.4.1.1 Inhibition

Die meisten Effekte von regelmäßigen Bewegungsinterventionen auf exekutive Funktionen konnten im Bereich der Inhibition gezeigt werden. Ersichtlich ist dies an der Anzahl der publizierten Studien und Reviews auf gängigen wissenschaftlichen Plattformen wie Pubmed. Khatri et al. (2001) untersuchten in ihrer Studie 84 Menschen, welche an Depressionen leiden, im Alter von 50 bis 72 Jahren. In einem sechzehnwöchigen Programm musste die Experimentalgruppe drei Mal die Woche am Ergometer Fahrrad fahren oder joggen, während die Kontrollgruppe keine Bewegungsintervention durchführte, jedoch vorher und nachher medikamentös behandelt wurde (Khatri et al., 2001). Das Ergebnis war, dass die Experimentalgruppe, im Vergleich zur Kontrollgruppe, beim Stroop-Test signifikant besser abschneiden konnten (Khatri et al., 2001). Die Ergebnisse dieser Studie sprechen zwar für einen Einfluss auf ältere Menschen aber nicht für einen auf Kinder. Auch Guiney & Machado (2013) konnten nachweisen, dass speziell bei älteren Menschen, die Inhibition am meisten gesteigert werden kann, solche Zusammenhänge bei Kindern jedoch viel zu wenig erforscht werden. Li et al. (2021) beschäftigten sich mit der Frage, wie viel Bewegung für Kinder in der Pubertät optimal ist, um die Inhibition signifikant zu fördern. 34 Kinder im Alter von zwölf bis vierzehn Jahren nahmen an einem zwölfwöchigen Programm teil, in dem sie fünf Einheiten pro Woche absolvierten (Li et al., 2021). Dabei wurden die Kinder in zwei Gruppen geteilt, die erste Gruppe musste zwei Sporteinheiten zu je 30 Minuten absolvieren, während die zwei Gruppe nur eine Einheit durchführen musste (Li et al., 2021). Davor und danach wurden die Kinder mit dem Flanker-Test getestet. Die Auswertung ergab, dass die Kinder der ersten Gruppe wesentliche Verbesserungen der Inhibition erreichten (Li et al., 2021). Somit zeigt diese Studie, dass der Einfluss von Bewegungsinterventionen auf die Inhibition von der Anzahl der Sporteinheiten abhängig ist.

Einige Studien beschäftigten sich auch mit dem Fitnesslevel (siehe Kapitel 4.4) und wie dieses mit der Inhibition korreliert. In der Studie von Song et al. (2016) wurde untersucht, inwiefern Fettleibigkeit und das kardiovaskuläre Fitnesslevel Einfluss auf die Inhibition haben. 100 Erwachsene im Alter von 18 bis 25 wurden anhand ihres Body-Mass-Indexes und ihres Fitnesslevels in Gruppen geteilt. Mit Hilfe des Stroop-Tests konnten die Autoren feststellen, dass diejenigen, welche ein normales Gewicht und hohes Fitnesslevel aufwiesen, bessere inhibitorische Fähigkeiten haben als all jene, die adipös sind und ein niedriges Fitnesslevel haben. Chaddock et al. (2012) konnten dies in ihrer Studie bestätigen. Dabei wurden 14 Kinder im Alter von neun bis zehn Jahren untersucht, die Untersuchung wurde ein Jahr später wiederholt. Dabei stellte sich heraus, dass die fitteren Kinder beim Flanker-Test deutlich besser abschnitten als die weniger fitten Kinder (Chaddock et al., 2012). Dies galt auch für die Nachfolgeuntersuchung im Jahr darauf.

Weitere Studien (Kramer et al., 2001; Smiley-Oyen et al., 2008; Colcombe et al., 2004) beschäftigten sich mit der Frage, welche Art von Bewegungsintervention die Inhibition am meisten steigert. Alle Studien kamen zum selben Ergebnis, dass Ausdauertraining, im Vergleich zu Dehn- und Kräftigungsübungen, die besten Resultate im Bereich der Inhibition erzielt (Kramer et al., 2001; Smiley-Oyen et al., 2008; Colcombe et al., 2004).

4.4.1.2 Kognitive Flexibilität

Hawkins et al. (1992) wollten in ihrer Studie feststellen, ob aerobes Schwimmtraining zur Verbesserung von kognitiven Funktionen führt. 40 Menschen im Alter von 63 bis 82 Jahren nahmen zehn Wochen lang an drei Einheiten Schwimmtraining pro Woche teil (Hawkins et al., 1992). Die Kontrollgruppe bekam in dieser Zeit keine Bewegungsintervention. Das Ergebnis war, dass die Experimentalgruppe deutlich besser im Bereich der kognitiven Flexibilität abschnitt als die Kontrollgruppe. Bestätigen kann dies auch die Studie von Masley et al. (2009), in welcher 91 Menschen im Alter von 18 bis 70 Jahren, zehn Wochen lang an aeroben Bewegungsinterventionen teilnahmen. Die Probanden und Probandinnen wurden

dabei in drei Gruppen geteilt, wobei die erste Gruppe (Kontrollgruppe) an 0-2 Interventionen, die zweite und dritte Gruppe (Experimentalgruppe) jeweils an 3-4, beziehungsweise 5-7 Einheiten pro Woche, teilnahm (Masley et al., 2009). Messungen zeigten, dass die Experimentalgruppen signifikante Verbesserungen im Bereich der kognitiven Flexibilität erreichten, während die Kontrollgruppe keine nachweislichen Verbesserungen erreichen konnte (Masley et al., 2009).

Nicht nur bei der Inhibition, sondern auch bei der kognitiven Flexibilität, wurde untersucht, ob das Fitnesslevel einer Person ausschlaggebend sein kann. In der Studie von Hillman et al. (2006) wurden 66 Personen im Alter von 19 und 62 bis 66 Jahren untersucht. Dabei wurden diese in vier Gruppen geteilt: fit/jung, jung/unfit, alt/fit und alt/unfit (Hillman et al., 2006). Mit Hilfe des Task-Switching-Tests konnten sie feststellen, dass die fitten Probandinnen und Probanden, egal ob jung oder alt, über eine wesentlich bessere kognitive Flexibilität verfügen als unfitte Personen (Hilman et al., 2006). Die bereits erwähnte Studie von Kamijo & Takeda (2010) konnte dies ebenfalls bestätigen. In dieser wurden 40 Probandinnen und Probanden im Alter von 21 Jahren in fitte und unfitte Gruppen geteilt. Mit dem Task-Switching-Test und einer EEG-Messung konnte erhoben werden, dass die fitten Probanden und Probandinnen signifikant besser im Bereich der kognitiven Flexibilität abschnitten (Kamijo & Takeda, 2010).

4.4.1.3 Arbeitsgedächtnis

Auch beim Arbeitsgedächtnis konnten positive Effekte im Zusammenhang mit regelmäßigen Bewegungsinterventionen nachgewiesen werden. Zhang et al. (2022) untersuchten 126 Kinder im Alter von vier bis fünf Jahren in einem Zeitraum von zwölf Wochen, dabei wurden diese in eine Kontrollgruppe und in eine Experimentalgruppe geteilt. Die Kontrollgruppe führte drei Mal die Woche eine 40-minütige Bewegungsintervention in Form von verschiedenen motorischen und kognitiven Spielen durch, während die Kontrollgruppe nur simple Übungen durchführten (Zhang et al., 2022). Dabei konnten die Autorinnen und Autoren feststellen, dass die Experimentalgruppe im Bereich des Arbeitsgedächtnisses signifikant besser

abschnitt als die Kontrollgruppe (siehe Abbildung 14). Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Hansen et al. (2004). In ihrer Studie nahmen 37 Männer im Alter von 18 bis 22 Jahren an einem Trainingsprogramm teil, welches acht Wochen dauerte und drei Mal die Woche stattfand (Hansen et al., 2004). Alle Teilnehmer nahmen anfangs an den Bewegungsinterventionen teil, die Kontrollgruppe unterbrach dieses nach einer gewissen Zeit, während die Experimentalgruppe das Trainingsprogramm fortsetzte (Hansen et al., 2004). Mit Hilfe eines 2-Back-Task, welcher den Probanden eine Reihe von Reizen präsentiert, wurde vor und nach der Bewegungsintervention eine Testung durchgeführt. Während bei der ersten Testung keine großen Unterschiede zwischen den beiden Gruppen im Bereich des Arbeitsgedächtnisses festgestellt werden konnte, erreichte die Experimentalgruppe bei der Ausgangstestung signifikant bessere Ergebnisse (Hansen et al., 2004). Zusätzlich konnten sie aufzeigen, dass eine hohe körperliche Fitness mit einem besseren Ergebnis im Bereich des Arbeitsgedächtnisses einhergeht (Hansen et al., 2004).

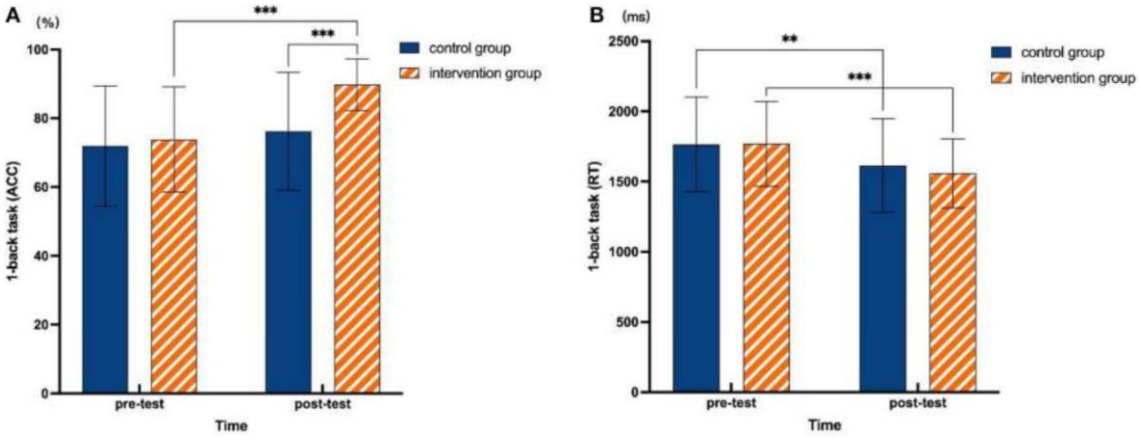


Abbildung 14: Vergleich der Leistung des Arbeitsgedächtnisses von der Experimentalgruppe und Kontrollgruppe mit Hilfe des 1-Back-Task-Tests (Zhang et al., 2022, S. 7)

Auch in Bezug auf das Arbeitsgedächtnis gibt es einige Studien, welche einen Zusammenhang zum Fitnesslevel aufzeigen. Kamijo et al. (2011) führte in einer neunmonatigen Studie Untersuchungen an 36 Kindern im Alter von sieben bis neun Jahren durch. Die Experimentalgruppe nahm täglich an einem zweistündigen Programm teil, welches aus einer 40-minütigen Bewegungsintervention, einer gesunden Mahlzeit, einem Lehrprogramm und Bewegungsspiel, bestand (Kamijo et al., 2011). Die Kontrollgruppe nahm dabei an keinem dieser Programmpunkte teil.

Vor und nach der Studie wurde die Leistung des Arbeitsgedächtnisses der Kinder mit Hilfe des Sternberg-Task getestet, welcher den Kindern in einer gewissen Zeitspanne eine Anzahl von Elementen zeigt und sie beim Aufzeigen von neuen Elementen beurteilen müssen, ob dieses Element vorher schon gezeigt wurde (Kamijo et al., 2011). Zusätzlich wurde das Fitnesslevel der Probanden und Probandinnen bestimmt. Die Auswertung der Tests zeigte, dass die Experimentalgruppe, im Vergleich zur Kontrollgruppe, signifikante Verbesserungen im Bereich des Arbeitsgedächtnisses erzielte (Kamijo et al., 2011). Kamijo et al. (2011) nahmen an, dass die Verbesserung des Arbeitsgedächtnisse auf die Steigerung des Fitnesslevels zurückzuführen ist. Auch Guiney & Machado (2013) konnten in ihrem Review zeigen, dass das Fitnesslevel einer Person mit der Leistung des Arbeitsgedächtnisses korreliert.

5 Förderung von exekutiven Funktionen

In diesem Kapitel soll gezeigt werden, inwiefern Lehrpersonen exekutive Funktionen in der Schule fördern können, des Weiteren, wie Sportlehrkräfte dies konkret im Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ machen können. Zusätzlich sollen hier einige Übungen gezeigt werden, welche als Vorlage im Unterricht dienen können.

Wie in den vorangegangenen Kapiteln ausführlich gezeigt wurde, hat Sport die Möglichkeit, exekutive Funktionen langfristig zu fördern. Obwohl diese Tatsache nicht abstreitbar ist, findet die Förderung der exekutiven Funktionen in der Schule kaum statt. Dies ist einerseits darauf zurückzuführen, dass Lehrpersonen sich der Wichtigkeit der exekutiven Funktionen nicht bewusst sind, andererseits kommt das aktive Bewegen in der Schule viel zu kurz kommt. Huber & Köppel (2017) haben 4385 Kinder aus Österreich, Deutschland und Luxemburg über ihre Sitzzeiten befragt. Diese Befragungen ergaben, dass die Kinder im Durchschnitt unter der Woche 10,58 Stunden sitzen, schulbezogene Sitzzeiten machen hier den überwiegenden Teil aus (Huber & Köppel, 2017). Dies unterstreicht die Annahme, dass körperliche Aktivität in der Schule vernachlässigt wird. Begünstigt wird dies zusätzlich dadurch, dass der Frontalunterricht in Österreich noch immer die häufigste Unterrichtsform ist. Die Bundesschulvertretung (2017) führte eine Online-Umfrage bei Schülern und Schülerinnen durch, um herauszufinden, welche Unterrichtsform in der Schule am häufigsten Anwendung findet. Von 13000 Teilnehmern und Teilnehmerinnen sagten 70 %, dass der Frontalunterricht den größten Anteil ausmacht (Bundesschulvertretung, 2017). Beim Frontalunterricht ist die Lehrperson im Vordergrund und gestaltet den Unterricht allein, Schüler und Schülerinnen befinden sich hier meist in einer passiven, zuhörenden Rolle. Diese Tatsache unterstreicht den Aspekt, dass körperliche Aktivitäten im Unterricht vernachlässigt werden.

Konkret bedeutet dies, dass das Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ nicht allein die Aufgabe hat, exekutive Funktionen zu fördern, sondern andere Fächer dies

auch umsetzen sollten. Damit dies bewerkstelligt werden kann, muss der traditionelle Frontalunterricht aufgebrochen werden. Im folgende Kapitel soll kurz gezeigt werden, wie dies umgesetzt werden kann.

5.1 Förderung von exekutiven Funktionen in Unterrichtsfächern – das Modell der bewegten Schule

Die Förderung von exekutiven Funktionen ist nicht nur im Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ möglich, sondern in allen anderen Fächern auch. Die Problematik, die hier vorhanden ist, ist, dass Lehrpersonen zu sehr an traditionellen Unterrichtsmethoden hängen und damit die Idee für Bewegung in ihrem Unterricht verloren geht. Der Grundgedanke der bewegten Schule ist, dass Bewegungsinterventionen vor, während und nach einer kognitiven Leistung durchgeführt werden (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Einsatzmöglichkeiten von Bewegungsinterventionen im Schulalltag (Boriss, 2015, S. 104)

	Körperliche Aktivität während einer kognitiven Leistung	Körperliche Aktivität nach einer kognitiven Leistung	Körperliche Aktivität vor einer kognitiven Leistung
Intention	Nutzung alternativer Lernkanäle/-zugänge	Begünstigung der Lernkonsolidierung	Begünstigung nachfolgender kognitiver Leistungen
Beispiel im Schulalltag	Verknüpfung des Lerngegenstandes mit Bewegung	Bewegte Pause; Bewegungspausen	

Die Durchführung von Bewegungsinterventionen während kognitiver Leistungen beruht auf der Aussage, dass Bewegung als ein zusätzlicher Kanal genutzt werden kann, um Inhalte und Zusammenhänge besser verständlich machen zu können (Boriss, 2015). Gerade im Fachunterricht kann dies vehement dazu beitragen, den Schülerinnen und Schülern komplexe Sachverhalte verständlicher zu machen. Ein Modell, welches dies realisierbar macht, ist das der bewegten Schule, beziehungsweise des bewegten Lernens.

Die bewegte Schule meint Maßnahmen, Ideen, Programme und Unterrichtsformen, welche dazu beitragen, dass die Dauer an Bewegung und Sport in der Schulzeit steigt, folglich Sitzzeiten verkürzt werden (Brägger et al., 2017). Dies bedeutet, dass Bewegung in den Alltag der Schülerinnen und Schüler integriert werden soll, um Angebote und Möglichkeiten zu körperlicher Aktivität und Entspannung zu schaffen und Bewegung nachhaltig in die Lernprozesse und Lernarrangements einzubauen (Brägger et al., 2017). Bewegung kann hierbei zu einem zentralen Element werden, um Lernprozesse zu gestalten, jedoch auch als Instrument genutzt werden, um anderen Kernideen umzusetzen, zum Beispiel Sucht- und Gewaltprävention (Brägger et al., 2017). Einführen kann man das Modell der bewegten Schule in verschiedener Art und Weise, es existiert kein einheitliches Schema, jede Schule kann sich hier individuell auf ihre Ressourcen und Möglichkeiten beziehen.

Das Zahnradmodell, welches an österreichischen Schulen bereits angewendet wird, ist eine Möglichkeit, wie bewegte Schule eingeführt werden kann. Dabei beruht dieses auf drei Handlungsfeldern, welche ineinandergreifen (siehe Abbildung 15). Das erste Handlungsfeld beschreibt den Lern- und Lebensraum Schule (Brägger et al., 2017). Hier soll die Frage geklärt werden, inwieweit die Ressourcen und die Infrastruktur bewegtes Lernen ermöglichen (Brägger et al., 2017). Beim zweiten Handlungsfeld steht Lehren und Lernen im Mittelpunkt. Hier soll bestimmt werden, wie Bewegungsinterventionen im Unterricht das Lernen von Schülern und Schülerinnen unterstützen und fördern können (Brägger et al., 2017). Das dritte Handlungsfeld beschreibt die Planung und Umsetzung der Ideen (Brägger et al., 2017).

Hier soll nicht näher auf die Thematik eingegangen werden, vielmehr soll nur gezeigt werden, dass Modelle zur Umsetzung in der Schule bereits existieren. Dabei muss beim Zahnradmodell auch nicht die ganze Schule mitmachen, die Inhalte des Modells lassen sich auch auf eine einzelne Lehrkraft herunterbrechen.



Abbildung 15: Zahnradmodell (Bewegte Schule Österreich, 2023, Absatz Das Zahnradmodell der Bewegten Schule)

5.2 Förderung von exekutiven Funktionen im Unterrichtsfach Bewegung und Sport

Nachdem ein kurzer Einblick gegeben wurde, wie exekutive Funktionen in anderen Unterrichtsfächern gefördert werden können, soll dies im näheren Detail auch für das Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ geschehen.

Das Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ bietet unzählige Möglichkeiten, um exekutive Funktionen gezielt zu fördern. Oftmals passiert dies auch unterbewusst bei der Wahl und Modifikation von Spielformen. Die kognitive Flexibilität wird aktiviert, wenn Schülerinnen und Schüler unterschiedliche Materialien oder Anweisungen befolgen müssen, die Inhibition, wenn Störquellen ausgeblendet werden müssen und das Arbeitsgedächtnis, wenn gespeicherte Informationen neu an die Situation angepasst werden müssen (Eckenback et al., 2017). Demnach ist es ratsam, dass Lehrkräfte keine Standardübungen wählen und diese ablaufen lassen, sondern an ihre Schülerinnen und Schüler anpassen und modifizieren (Eckenback et al., 2017). Die Art der Übung soll dabei immer so gewählt werden, dass sie an die Schüler und Schülerinnen und deren Stärken und Schwächen, sowie an die Infrastruktur, angepasst wird.

Diamond (2013) beschäftigte sich mit der Frage, ob die Art des Spiels oder dessen Durchführung wichtiger ist, wenn es um die Förderung von exekutiven Funktionen geht. Beide haben ihre Daseinsberechtigung, das gesetzte Ziel und die gewählte

Übung machen hierbei den Unterschied aus. Best (2010) fasste dabei seine Ergebnisse in einer Tabelle zusammen (siehe Tabelle 3). Dabei stellte er fest, dass je nach gewähltem Weg, eine bestimmte Übungsart sinnvoll ist, welche sich wiederum andersartig auf die Kognition auswirkt (Best, 2010). Aerobe Übungen, insbesondere in Form von Gruppenspielen, sind dabei die optimale Wahl, um exekutive Funktionen gezielt zu fördern. Sie aktivieren ähnliche kognitive Prozesse, wie Tests, welche exekutive Funktionen überprüfen sollen. Dies führt dazu, dass nicht nur kognitive Funktionen gefördert werden, sondern auch körperliche, was sich wiederum verstärkt positiv auf exekutive Funktionen auswirken kann (siehe Kapitel 4).

Tabelle 3: Möglichkeiten des aeroben Trainings, welche exekutive Funktionen beeinflussen (Best, 2010, S. 339)

Pathway	**Exercise types**	**Effects on cognition and the brain**
Cognitive demands inherent in engaging games	Group games	Contextual interference has robust effect on retention and transfer of skills Strategic play recruits similar cognitive processes as EF tasks Adaptive video game training enhances non-trained EF skills
Cognitive demands inherent in coordination of complex motor tasks	Group games Complex motor tasks (e.g., bimanual coordination tasks, motor skill learning)	Contextual interference leads to greater motor skill learning Activation of PFC during complex motor execution Physiological changes in hippocampus and cerebellum
Physiological changes resulting from aerobic exercise	Group games Repetitive aerobic exercise (e.g., running)	Neurogenesis in the hippocampus Angiogenesis and increased cerebral blood volume Upregulation of growth factors and neurotrophins (e.g., BDNF) Immediate increase in neurochemicals (e.g., NE, DA) Enhanced learning and memory

5.3 Übungssammlung

Im folgenden Kapitel soll eine kleine Sammlung an Übungen gezeigt werden, welche im Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ durchgeführt werden können und exekutive Funktionen nachhaltig fördert. Mit dieser Sammlung bekommen Sportlehrkräfte ein kleines Repertoire zur Verfügung gestellt, mit dem exekutive Funktionen gezielt gefördert werden können. Dabei werden einerseits Übungen, welche sich bereits bewährt haben, gezielt aus Sammelwerken entnommen, andererseits werden eigene Spieleideen präsentiert.

5.3.1 Flexball

Das folgende Spiel ist aus Beck et al. (2011) entnommen.

Material/Aufbau:

Im Turnsaal (siehe Abbildung 16) werden an verschiedenen Orten Weichbodenmatten quer aufgestellt und mittels Kästen stabilisiert. Hinter der Matte stellen sich drei Spieler und Spielerinnen. Jede dieser Personen hat dabei einen anderen Ball in ihrer Hand (Fußball, Basketball, Volleyball). Eine Person fungiert zusätzlich mit einer Pfeife als Spieleleiter/in und steht auf der Längsseite des Turnsaal, damit die Personen vor und hinter der Matte im Sichtfeld sind. Die restlichen Personen stehen in einer Reihe vor der Matte.

Spielablauf:

Am Anfang des Spieles machen sich die Personen hinter der Matte aus, wer zuerst den Ball über die Matte zu den anderen Spielern oder Spielerinnen wirft. Danach gibt die Spieleleitung ein Startsignal, wobei sie entscheiden darf, ob zugleich auch gepfiffen wird. Je nach Kommando müssen die Spieler/innen vor der Matte den Ball auf unterschiedliche Art zurückspielen. Folgende Regeln sind dabei zu beachten:

- Volleyball ohne Pfiff: Volleyball soll über die Matte gepritscht werden.
- Volleyball mit Pfiff: Volleyball soll über die Matte gebaggert werden.
- Basketball ohne Pfiff: Brustpass direkt gegen die Matte spielen.
- Basketball mit Pfiff: Brustpass als Bodenpass gegen die Matte spielen.

- Fußball ohne Pfiff: Ball annehmen und um die Matte dribbeln.
- Fußball mit Pfiff: Volleyschuss gegen die Matte spielen.

Geförderte exekutive Funktionen:

Selbstregulation (mittel); Inhibition (mittel); Arbeitsgedächtnis (mittel-hoch); Kognitive Flexibilität (mittel)

Variation zur zusätzlichen Förderung von exekutiven Funktionen:

Die Spielform kann auf unterschiedliche Art variiert werden. Nach mehreren Durchgängen können die Signale mit und ohne Pfiff vertauscht werden. Weiters können neue Bewegungsabläufe zu den Bällen zugeordnet werden. Es können auch weitere Bälle wie ein Handball oder Football eingebracht werden. Durch die zusätzlichen Aufgaben müssen die Schüler und Schülerinnen sich an die neuen Gegebenheiten anpassen.

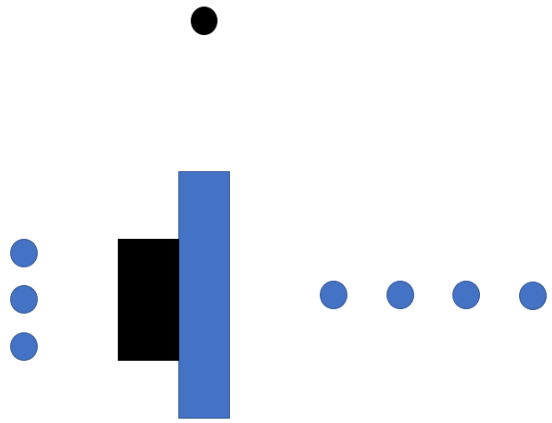


Abbildung 16: Aufbau Flexball (angelehnt an Beck et al., 2011, S. 8)

5.3.2 Reaktionsspiel Hütchen

Das folgende Spiel ist in dieser Form eine Eigenkreation.

Material/Aufbau:

Im Turnsaal werden immer paarweise Hütchen mit verschiedener Farbe nebeneinander platziert. Die Kinder stellen sich auch paarweise immer gegenüber auf, wobei sich die Hütchen zwischen ihnen befinden (siehe Abbildung 17).

Spielablauf:

Die Kinder bekommen von der Lehrperson unterschiedliche Kommandos, auf welche sie zeitnah reagieren müssen. Diese lauten:

- Rechts drehen
- Links drehen
- Farbe eines Hütchens

Wird das Kommando „Rechts drehen“ gerufen, laufen die Kinder so schnell wie möglich rechts um die Hütchen herum und stellen sich wieder gegenüber auf, wobei sie jetzt auf der Position von dem Mitspieler oder der Mitspielerin stehen. Beim Kommando „Links drehen“ passiert das Gleiche, nur in die andere Richtung. Wenn die Farbe eines Hütchens gerufen wird, müssen die Kinder sich das Hütchen so schnell wie möglich schnappen. Gewonnen hat die Person, welche das Hütchen schneller schnappt. Das Spiel kann auf Zeit oder Punkte gespielt werden.

Geförderte exekutive Funktionen:

Selbstregulation; Inhibition; Arbeitsgedächtnis; Kognitive Flexibilität

Variation zur zusätzlichen Förderung von exekutiven Funktionen:

Um das Spiel anspruchsvoller zu gestalten, können die Kommandos vertauscht werden. Das gelbe Hütchen meint somit das rote Hütchen, „links drehen“ meint „rechts drehen“. Durch das Vertauschen müssen sich die Kinder an die neuen Gegebenheiten anpassen und die akustischen Informationen mit den neuen Regeln abgleichen, sodass passend reagiert wird.

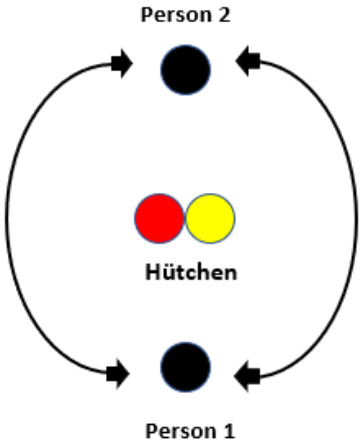


Abbildung 17: Aufbau Reaktionsspiel Hütchen (eigene Darstellung)

5.3.3 Drache, Ritter und Prinzessin

Dieses Spiel wurde aus Herden et al. (2019) entnommen.

Material/Aufbau:

Für dieses Spiel wird kein Material benötigt.

Spielablauf:

Anfangs werden die Kinder in zwei Gruppen geteilt. In der Gruppe einigen sie sich heimlich auf eine Figur, welche sie in der nächsten Runde darstellen wollen. Nachdem sich die Gruppen geeinigt haben, stellen sie sich gegenüber auf der Mittellinie auf, sodass jeder und jede ein Gegenüber hat. Auf Kommando der Lehrperson spielen die Kinder die ausgemachte Figur vor. Nun laufen sie je nach dargestellter Figur entweder davon, oder fangen das Gegenüber (Regeln: Prinzessin fängt Ritter, Ritter fängt Drache, Drache fängt Prinzessin). Ziel ist es, von der fangenden Person zu entkommen, indem man die Hallenwand rechtzeitig erreicht. Bei gleichen Figuren bleiben alle in der Mitte stehen.

Dargestellt werden die Figuren pantomimisch:

- Der Drache zeigt seine Drachentatzen und faucht dabei.
- Der Ritter macht einen Ausfallschritt und zieht ein Schwert.
- Die Prinzessin kämmt ihr Haar.

Geförderte exekutive Funktionen:

Selbstregulation; Inhibition; Arbeitsgedächtnis; Kognitive Flexibilität

Variation zur zusätzlichen Förderung von exekutiven Funktionen:

Die Kinder können sich in der Gruppe Figuren für mehrere Runden ausmachen und müssen sich diese über das ganze Spiel merken. Zusätzlich können auch hier wieder weitere Anreize geschaffen werden, indem die Figuren miteinander vertauscht werden.

5.3.4 Promi-Passen

Dieses Spiel wurde aus Beck et al. (2011) entnommen.

Material/Aufbau:

Für dieses Spiel benötigt man zwei bis vier Schaumbälle in verschiedenen Farben oder zwei bis vier verschiedenartige Bälle und Pylonen (siehe Abbildung 18).

Spielablauf:

Am Anfang werden Gruppen zu je sechs bis zehn Kindern gebildet. In diesen Gruppen bekommen die Kinder einen Ball, welcher sich von anderen Bällen unterscheidet. Jede Art von Ball hat dabei eine eigene Passreihenfolge in der Gruppe. Zunächst wird mit einem Ball gestartet, damit sich die Kinder an die Passreihenfolge gewöhnen, gelingt ihnen dies, kommt ein zweiter Ball mit einer anderen Passreihenfolge ins Spiel. Dabei müssen die Kinder zeitgleich ihre Bälle und deren Passreihenfolgen in ihrer eigenen Gruppe halten. Um auch eine körperliche Belastung zu erreichen, wird nach einem Pass um eine Pylone gelaufen.

Geförderte exekutive Funktionen:

Selbstregulation (mittel); Inhibition (wenig); Arbeitsgedächtnis (wenig); Kognitive Flexibilität (mittel)

Variation zur zusätzlichen Förderung von exekutiven Funktionen:

Während des Spieles rufen die Kinder beim Passen den Namen einer prominenten Person. Am Ende der Runde muss jedes Kind den Namen, welcher ihm zugerufen

wurde, aufsagen. Eine weitere Variation kann eingeführt werden, indem das Kind, welches als nächstes den Ball bekommen würde, seine Arme verschränkt. Dabei wird dieses Kind in der Reihenfolge ausgelassen und der Ball geht an die nächste Person weiter.

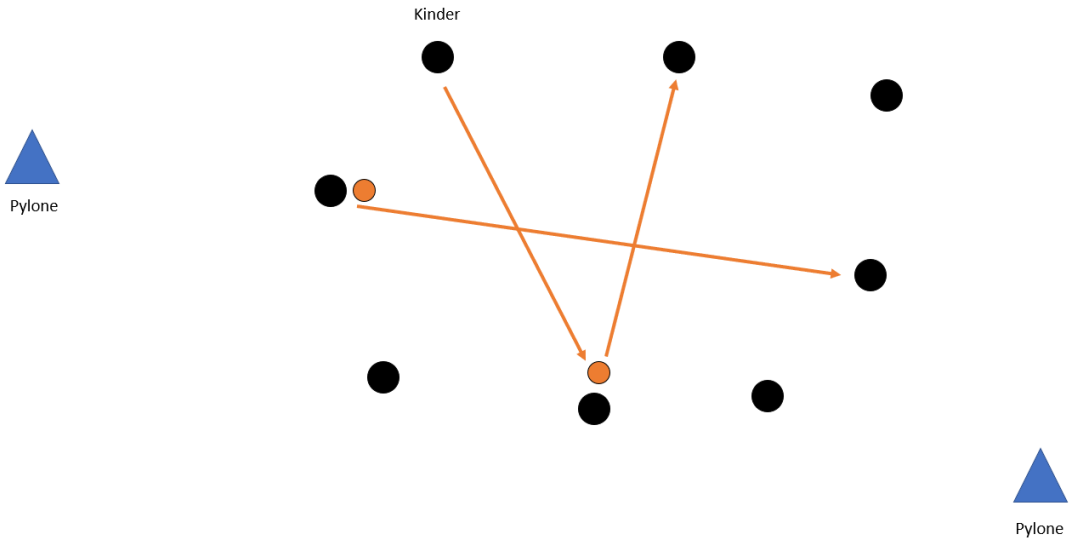


Abbildung 18: Aufbau Promi-Passen (angelehnt an Beck et al., 2011, S. 9)

5.3.5 Kimspiel

Diese Spiel wurde aus Flury et al. (2023) entnommen.

Material/Aufbau:

Für dieses Spiel benötigt man lediglich zehn Gegenstände oder Karten. Diese werden auf der Mittellinie des Turnsaals in einer Linie platziert.

Spielablauf:

Die Kinder positionieren sich vor den Karten und haben die Aufgabe, sich die Gegenstände und deren Position zu merken. Nachdem sie dies in einer festgelegten Zeit gemacht haben, drehen sich alle Kinder um. Ein Kind darf dabei zu den Gegenständen hingehen, diese vertauschen oder eines wegnehmen. Nachdem es dies erledigt hat, dürfen sich die Kinder wieder umdrehen und herausfinden, was verändert wurde.

Geförderte exekutive Funktionen:

Arbeitsgedächtnis; Inhibition; Kognitive Flexibilität

Variation zur zusätzlichen Förderung von exekutiven Funktionen:

Um das Spiel anspruchsvoller zu gestalten, können einerseits mehr Gegenstände verwendet werden, sodass die Kinder sich mehr merken müssen. Andererseits kann die Regel eingeführt werden, dass die Kinder herausfinden müssen, wo sich der vertauschte Gegenstand vorher befand.

5.3.6 Komplexspiel Hütchenball

Dieses Spiel ist aus Beck et al. (2011) entnommen.

Material/Aufbau:

Vier Teams werden gebildet, wobei sich jedes Team in einem Viertel des Turnsaals befindet. In jedem Viertel steht in der Ecke ein Turnkasten, auf welchem sich wiederum drei Pylonen befinden. In der Mitte liegen vier Weichschaumbälle (siehe Abbildung 19). Jeweils zwei Teams spielen miteinander gegen die anderen Teams.

Spielablauf:

Die Teams haben die Aufgabe, die jeweiligen gegnerischen Teams und deren Pylonen abzuschießen, dabei dürfen sie ihr Spielfeld nicht verlassen. Wenn man getroffen wurde, muss man sich am Spielfeldrand hinsetzen, fängt man den Ball, darf die am längsten wartende Person wieder ins Spiel kommen. Wird eine Pylone getroffen, dürfen alle Spieler und Spielerinnen wieder ins Feld kommen. Das Spiel endet, wenn nur noch eine Person auf dem Feld ist und dann eine Pylone oder die letzte Person getroffen wird.

Geförderte exekutive Funktionen:

Selbstregulation (mittel); Inhibition (mittel); Arbeitsgedächtnis (mittel); Kognitive Flexibilität (hoch)

Variation zur zusätzlichen Förderung von exekutiven Funktionen:

Das Spiel kann auf verschiedensten Arten anspruchsvoller gestaltet werden. Es können Signale eingeführt werden, welche die Regeln im Spiel ändern:

- „1 Pfiff“: Mannschaft 1 und 2 spielen gegen Mannschafft 3 und 4.
- „2 Pfiffe“: Mannschaft 1 und 3 spielen gegen Mannschaft 2 und 4.
- „3 Pfiffe“: Mannschaft 1 und 4 spielen gegen Mannschaft 2 und 3.

Zusätzlich können die Farben der Bälle mit verschiedenen Wurfarten verknüpft werden. Mit dem roten Ball darf nur mit der dominanten Hand geworfen werden, mit dem weißen Ball nur mit der nicht dominanten Hand, der grüne Ball darf nur mit dem Fuß geschossen werden, während der blaue Ball für zehn Sekunden als Schutzball dient. Sollte dies für die Gruppe zu einfach sein, können die Kommandos wiederum miteinander vertauscht werden, sodass sich die Kinder neu anpassen müssen.

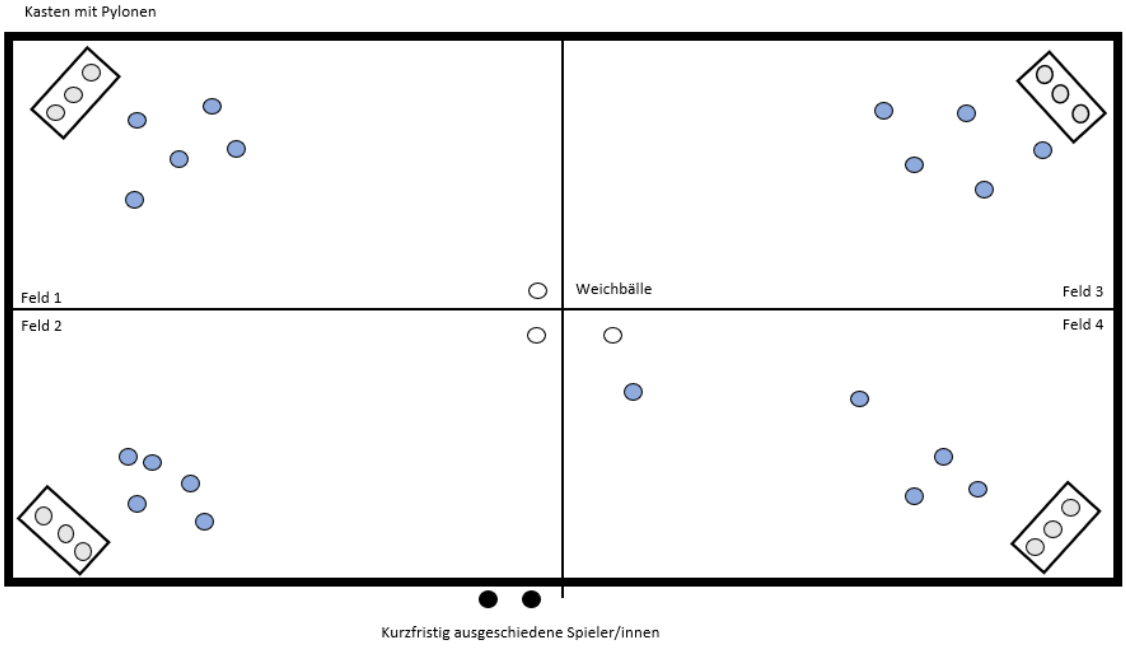


Abbildung 19: Aufbau Komplexspiel Hütchenball (angelehnt an Beck et al., 2011, S. 11)

5.3.7 Schere, Stein, Papier, Echse, Spock

Diese Spiel ist in dieser Form eine Eigenkreation.

Material/Aufbau:

Für diese Spiel wird kein Material benötigt, man benötigt nur einen Turnsaal.

Spielablauf:

Die Kinder verteilen sich im ganzen Turnsaal. Nun befolgen sie die Kommandos, welche im Vorhinein von der Lehrperson erklärt wurden:

- Schere: Die linke Wand wird berührt.
- Stein: Die rechte Wand wird berührt.
- Papier: Man legt sich flach auf den Boden.
- Echse: Die vordere Wand wird berührt.
- Spock: Die hintere Wand wird berührt.

Wenn ein Kommando gerufen wird, müssen die Kinder dieses so schnell wie möglich durchführen.

Geförderte exekutive Funktionen:

Arbeitsgedächtnis; Inhibition; Kognitive Flexibilität

Variation zur zusätzlichen Förderung von exekutiven Funktionen:

Um das Spiel anspruchsvoller zu gestalten, können vor Beginn des Spieles vier Kommandos genannt werden, welche sich die Kinder merken sollen und danach durchführen. Dabei kann die Anzahl der Kommandos, welche man sich merken muss, gesteigert werden. Weiters können hier wieder Kommandos miteinander vertauscht werden, sodass eine zusätzliche kognitive Aktivierung stattfindet.

6 Diskussion

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde den Fragen nachgegangen, inwiefern das Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ einen Beitrag zur Förderung von exekutiven Funktionen leisten kann und wie konkrete Bewegungsangebote im Sportunterricht auszusehen haben, beziehungsweise, wie diese umgesetzt werden können. Dies wurde bewerkstelligt, indem einerseits exekutive Funktionen mit aktueller Literatur und Studien beschrieben wurden, andererseits mit dem Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ gezielt verknüpft wurden, um zu zeigen, inwieweit sich dies in der Schule umsetzen lässt.

Die Ergebnisse sind, dass das Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ einen erheblichen Einfluss auf die exekutiven Funktionen, insbesondere auf die Inhibition, das Arbeitsgedächtnis und die kognitive Flexibilität, hat. Dabei hat sich herausgestellt, dass zwischen kurzfristigen und langfristigen Interventionen unterschieden werden muss. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass bei kurzfristigen Bewegungsinterventionen signifikant weniger Studien und nachgewiesene Einflüsse vorhanden sind als bei langfristigen Bewegungsinterventionen. Nichtsdestotrotz gib es Studien und wissenschaftliche Artikel, die belegen, dass richtig gewählte kurzfristige Bewegungsinterventionen einen positiven Effekt auf die exekutiven Funktionen haben (Best, 2010; Hillman et al., 2009; Stroth et al., 2009). Dabei ist dieser Zusammenhang bei der Inhibition am meisten erforscht, bei der kognitiven Flexibilität am wenigsten. Im Vergleich zu den kurzfristigen Bewegungsinterventionen gibt es bei den regelmäßigen Bewegungsinterventionen mehr veröffentlichte Studien und Artikel. Diese sind sich überwiegend einig, dass regelmäßige Bewegungsinterventionen einen viel größeren, positiven Einfluss auf die exekutiven Funktionen haben als akute Bewegungsinterventionen, zumal bei regelmäßigen Bewegungsinterventionen das Fitnesslevel eine größere Rolle spielt (Sibley & Etnier, 2003; Chaddock et al., 2012; Borris, 2015). Zusätzlich können bei langfristigen Bewegungsinterventionen mit Hilfe von Magnetresonanztomographien Veränderung im Gehirn beobachtet werden, sodass Rückschlüsse auf die Verbesserungen von kognitiven Leistungen gemacht werden können (Kubesch, 2016). Bei der Erforschung der besten Übungsform zur Förderung von exekutiven Funktionen

hat sich herausgestellt, dass aerobe Übungen in Form von Gruppenspielen die beste Wahl sind, wenn exekutive Funktionen gefördert werden sollen (Best, 2010).

Zu Beginn wurde davon ausgegangen, dass „Bewegung und Sport“ einen signifikanten Einfluss auf die Förderung von exekutiven Funktionen hat. Dies wurde mit den bereits geschilderten Ergebnissen bestätigt. Nachvollziehbar ist auch, dass langfristige Bewegungsinterventionen einen stärkeren positiven Effekt auf kognitive Fähigkeiten haben, zumal mehr Methoden, um dies nachweisen zu können, vorhanden sind. Weiters ist der Zeitrahmen bei Studien, welche langfristige Bewegungsinterventionen betrachten, größer, sodass auch Veränderungen in solch einem Zeitrahmen wahrscheinlicher sind. Beim Nachweis von Effekten bei kurzfristigen Bewegungsinterventionen tritt das Problem auf, dass Momentaufnahmen nicht verlässlich sein können, zumal der Einfluss des Fitnesslevels auf die Förderung von exekutiven Funktionen nachgewiesen ist und bei kurzen Beobachtungszeiträumen nicht genügend berücksichtigt wird. Dementsprechend wurden die Erwartungen, welche mit den Forschungsfragen gestellt wurden, erfüllt.

Da die Ergebnisse eindeutig aussagen, dass Sport eine Vielzahl an positiven Effekten mit sich bringt, stellt sich die Frage, wieso dies in der Gesellschaft noch nicht so angenommen wird. Laut der österreichischen Gesundheitskasse (2020) ist jedes dritte Kind in Österreich übergewichtig, zehn Prozent bekommen sogar die Diagnose Adipositas gestellt. Die Ursachen für eine anscheinende Ablehnung von Sport in der Gesellschaft sind vielseitig. Einerseits findet sich in der Gesellschaft eine mangelnde Motivation, um Sport auszuüben (Gill et al., 1983). Dabei können Freunde, der Wunsch, Fähigkeiten zu verbessern, das Fitnesslevel zu erhöhen und Erfolg Faktoren sein, welche die Motivation steigern können (Gill et al., 1983). Andererseits lebt die Gesellschaft heutzutage in einem hektischen Lebensstil, welcher es erschwert, Zeit für Sport zu finden. Neben beruflichen Verpflichtungen kommen auch familiäre Verpflichtungen dazu, welche das Betreiben von Sport wesentlich erschweren. Weitere Gründe könnten sein, dass gewisse Sportarten auch Infrastrukturen benötigen, um durchgeführt zu werden, und deren Nutzung

oftmals mit Kosten verbunden sind, welche sich gerade einkommensschwache Personen nicht leisten können.

Um diese Probleme zu bekämpfen, muss bereits Kindern gezeigt werden, dass Sport eine sinnvolle und sinnbringende Beschäftigung sein kann und keineswegs immer teure Materialien benötigt, um durchgeführt werden zu können. Deshalb gab es schon einige Ideen, darunter auch die der „täglichen Turnstunde“, welche das Ziel verfolgen, Kindern den Sport näher zu bringen, damit dieser ein Leben lang ausgeübt wird. 2012 entstand die Initiative der „täglichen Turnstunde“, welche von der Sport Austria (2023), einer bundesweiten Interessensvertretung von Sportorganisationen, ins Leben gerufen wurde. Dabei verlangten sie damals schon, dass alle Kinder im Kindergarten, in der Volksschule und allen anderen Schultypen, eine tägliche Turnstunde bekommen (Sport Austria, 2023). Seitens der Politik gab es damals schon regen Zuspruch, damaliger Bundespräsident Heinz Fischer, sowie Bundeskanzler Faymann und Vizekanzler Stöger unterstützten diese Initiative (Sport Austria, 2023). Insgesamt 150844 Menschen unterschrieben die Initiative, mit der Forderung, die tägliche Turnstunde umzusetzen (Sport Austria, 2023). Das Thema war in den letzten Jahren immer wieder medial präsent, wurde jedoch nie umgesetzt. 2022 wurden dann erste Pilotschulen ausgewählt, welche diese tägliche Turnstunde umsetzen sollen, damit analysiert werden kann, welche Erkenntnisse gewonnen werden und ob dies für alle Schulen umgesetzt werden kann (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2022). Derzeit befindet sich das Projekt in der Evaluation, Bildungsminister Polaschek deutete aber in einem Interview vom Kurier (2023) an, dass sich die tägliche Turnstunde flächendeckend nicht umsetzen lässt, mit der Begründung, dass es an finanziellen, personellen und infrastrukturellen Ressourcen fehle.

Aber nicht nur in der Gesellschaft oder Politik findet Sport keinen regen Anklang, auch in der Schule kommt das Unterrichtsfach immer wieder zu kurz. Das Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ wird oftmals dafür verwendet, um besonders Hauptfächern die Stunden zu geben, weil diese wichtiger für Kinder seien. Es lässt sich darüber streiten, ob Hauptfächer wirklich einen höheren Stellenwert haben als

Nebenfächer, zumal an die tatsächliche Sinnhaftigkeit für das weitere Leben gedacht werden muss. Zieht sich diese Kürzung der Sportstunden konsequent durch, entsteht nicht nur ein Bewegungsmangel bei den Kindern, welche sowieso schon zu lange Sitzzeiten haben, sondern auch das Bild, dass Sport weniger Wert ist als andere Fächer. Dazu kommt, dass der Bau von Turnhallen und das Beschaffen von Sportgeräten mit größeren Kosten verbunden ist, welche oftmals mit dem Schulbudget nicht vereinbart werden können. Wenn Turnsäle vorhanden sind, dann sind dies oftmals keine normierten Turnhallen und für die Anzahl der Kinder nicht ausreichend. Die Schulen müssen dann in andere Turnhallen ausweichen, welche wiederum zu Fuß erreicht werden müssen und die effektive Zeit für den Sportunterricht drastisch kürzen. Es ist deutlich zu sehen, dass der Sportunterricht an Schulen zu kurz kommt, hier müssen Bund und Land Projekte und Förderungen genehmigen, welche die Schulen in der Umsetzung unterstützen.

Im Allgemeinen muss berücksichtigt werden, dass sich die Arbeit konkret auf die drei Kernfunktionen Inhibition, Arbeitsgedächtnis und kognitive Flexibilität beschränkt hat. Andere kognitive Funktionen werden durch Sport zwar auch gefördert, jedoch sicherlich nicht alle gleichermaßen. Somit sind die geschilderten Ergebnisse nur für die drei Kernfunktionen aussagekräftig. Weiters ist diese Arbeit eine Literaturarbeit, beruht somit auf bereits existierenden Ergebnissen und fasst diese zusammen, beziehungsweise betrachtet sie von neuen Blickwinkeln. Das Gehirn ist im Grundlegenden zwar erforscht, jedoch gibt es von Jahr zu Jahr immer wieder neue Erkenntnisse im Bereich der Neurowissenschaften, dementsprechend wäre es für zukünftige Forschung von großem Interesse, neue Messverfahren für die Ermittlung von kognitiven Funktionen und deren Einfluss auf die Gehirnstrukturen zu ermitteln und diese in Zusammenhang mit Bewegung und Sport zu stellen. Auch Langzeitstudien mit der Dauer von einigen Jahren wären interessant für das Forschungsfeld, zumal diese noch viel zu wenig vorhanden sind.

7 Fazit

Die vorliegende Arbeit ging den Fragen nach, inwiefern das Unterrichtsfach Bewegung und Sport einen Beitrag zur Förderung von exekutiven Funktionen leisten kann und wie konkrete Bewegungsangebote im Sportunterricht auszusehen haben, beziehungsweise, wie diese anzuwenden sind. Um diese Fragen zu beantworten, wurde anhand von aktueller Literatur, durch das Miteinbeziehen von relevanten Studien und die Analyse von vorhandenen Bewegungsangeboten, Sekundärforschung betrieben.

Aus den Ergebnissen dieser Arbeit lässt sich schließen, dass exekutive Funktionen, besonders die Kernbereiche Inhibition, Arbeitsgedächtnis und kognitive Flexibilität, mit Hilfe des Unterrichtsfaches „Bewegung und Sport“ signifikant verbessert werden können (Best, 2010; Hillman et al., 2009; Stroth et al., 2009). Dabei wird zwischen kurzfristigen und langfristigen Bewegungsinterventionen unterschieden. Beide haben einen direkten Einfluss auf die exekutiven Funktionen, wobei dieser bei den langfristigen Bewegungsinterventionen deutlich stärker ausfällt. Dabei stellte sich heraus, dass aerobe Übungen in Form von Gruppenspielen die beste Wahl sind, wenn exekutive Funktionen gefördert werden sollen (Best, 2010). Nicht nur die Art der Bewegungsintervention ist essenziell, sondern auch das Fitnesslevel der betroffenen Personen. Hierbei zeigte sich, dass das Fitnesslevel einer Person einen Einfluss darauf hat, wie stark sie auf die Förderung der exekutiven Funktionen reagiert (Sibley & Etnier, 2003; Chaddock et al., 2012; Borris, 2015).

Das Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ hat demnach die Möglichkeit, exekutive Funktionen immens zu fördern und dies schon durch die Tatsache, dass überwiegend körperliche Bewegung das Hauptaugenmerk in diesem Fach ist. Wird nun zusätzlich bei der Wahl und Modifikation der Übungen darauf geachtet, dass eine kognitive Aktivierung stattfindet, so birgt „Bewegung und Sport“ ein riesiges Potenzial zur Förderung von exekutiven Funktionen.

Konkret konzentrierte sich diese Arbeit auf die drei Kernfunktionen Inhibition, Arbeitsgedächtnis und kognitive Flexibilität, sodass nicht für alle kognitiven Funktionen gesprochen werden kann. Weiters ist diese Arbeit eine Literaturarbeit,

welche sich auf bereits existierende Forschungen und Ergebnissen bezieht und keine neuen Erkenntnisse liefert, lediglich Themen mit anderen Inhalten verknüpft und von neuen Seiten betrachtet.

Weiterführende Forschung im Bereich der Neuro- und Sportwissenschaften, beziehungsweise Langzeitstudien könnten neue Erkenntnisse für das Forschungsfeld mit sich bringen, um den Zusammenhang von exekutiven Funktionen und „Bewegung und Sport“ noch besser zeigen zu können und neue Verfahren oder Trainingsmethoden zur Förderung von exekutiven Funktionen zu entwickeln.

8 Literaturverzeichnis

Akyurek, G. (2018). Executive Functions and Neurology in Children and Adolescents. In M. Huri (Hrsg.*), Occupational Therapy – Therapeutic and Creative Use of Activity*, 29-49. doi: 10.5772/intechopen.78312

Alves, C. R., Gualano, B., Takao, P. P., Avakian, P., Fernandes, R. M., Morine, D., & Takito, M. Y. (2012). Effects of acute physical exercise on executive functions: a comparison between aerobic and strength exercise. *Journal of sport & exercise psychology*, *34*(4), 539–549. https://doi.org/10.1123/jsep.34.4.539

Amt der Steiermärkischen Landesregierung. (2022, 13. Mai). *Bezirk Leibnitz wird steirische Pilotregion für tägliche Bewegungseinheit.* https://www.news.steiermark.at/cms/beitrag/12873786/154271055/

Anderson P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child neuropsychology: a journal on normal and abnormal development in childhood and adolescence*, *8*(2), 71–82. https://doi.org/10.1076/chin.8.2.71.8724

Asendorpf, J. B. (2004). *Psychologie der Persönlichkeit.* Springer Verlag.

Auer, M., Gruber, G., Mayringer, H., & Wimmer, H. (2005). *Salzburger Lese-Screening für die Klassenstufen 5-8 (SLS 5-8).* Verlag Hans Huber.

Baddeley, A. (1986). *Working memory.* Clarendon Press/Oxford University Press.

Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working Memory. In G. Bower (Hrsg.), *Psychology of Learning and Motivation*, 8, (S.47-89). http://dx.doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1

Bae, S., & Masaki, H. (2019). Effects of Acute Aerobic Exercise on Cognitive Flexibility Required During Task-Switching Paradigm. *Frontiers in human neuroscience, 13*, 260. https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00260

Beck, F., Emrich, A., & Kubesch, S. (2011). Training exekutiver Funktionen in Kleinen und Großen Sportspielen. Teil 2: Sekundarstufe. *Lehrhilfen für den Sportunterricht, 60*(11), 7-13. https://www.sportfachbuch.de/pdf/archiv/lehrhilfen/2011/Lehrhilfen-Ausgabe-November-2011.pdf

Benzing, V., Heinks, T., Eggenberger, N., & Schmidt, M. (2016). Acute Cognitively Engaging Exergame-Based Physical Activity Enhances Executive Functions in Adolescents. *PLOS ONE*, 11(12), e0167501. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167501

Best, J. R. (2010). Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*, 30(4), 331-351. doi: 10.1016/j.dr.2010.08.001

Best, J. R., Miller, P. H., & Jones, L. L. (2009). Executive Functions after Age 5: Changes and Correlates. *Developmental review, DR, 29*(3), 180–200. https://doi.org/10.1016/j.dr.2009.05.002

Best, J.R., & Miller, P. H. (2010). A Developmental Perspective on Executive Function. *Child Development, 81*(6), 1641-1660. doi: 10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x

Bewegte Schule Österreich (2023, 1. Jänner). *Das Zahnradmodell der Bewegten Schule.* https://www.bewegteschule.at/die-idee/zahnradmodell

Boriss, K. (2015). *Lernen und Bewegung im Kontext der individuellen Förderung*. Wiesbaden: Springer VS.

Brägger, G., Hundeloh, H., Posse, N., & Städtler, H. (2017). *Bewegung und Lernen. Konzept und Praxis Bewegter Schulen.* Selbstverlag der Unfallkasse Nordrhein-Westfalen.

Braun, H. (2004). Geschichte der Leibesübungen an deutschen Universitäten. In H. Braun (Hrsg.), *Streifzug durch die Sportgeschichte: Festschrift zur Verabschiedung von Prof. Dr. Harald Braun (*S. 83-102). Verein für Hochschulsport.

Brocki, K.C., & Bohlin, G. (2004). Executive functions in children aged 6 to 13: A dimensional and developmental study. *Developmental Neuropsychology, 26,* 571–593. http://dx.doi.org/10.1207/s15326942dn2602_3

Budde, H., Voelcker-Rehage, C., Pietrabyk-Kendziorra, S., Ribeiro, P., & Tidow, G. (2008). Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neuroscience letters, 441*(2), 219–223. https://doi.org/10.1016/j.neulet.2008.06.024

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (2005, 1. Jänner). *Materialien_LP Bewegung und Sport_II.*

https://www.bmbwf.gv.at/dam/jcr:0fbbb73c-75cd-4401-ad4c-6c42b435f8ba/materialien_aend_lp_sport_13424.pdf

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (2014, 12. April). *Bildungsstandards für Bewegung und Sport. Handreichung für kompetenzorientiertes Lernen und Lehren.* https://www.bildung-bgld.gv.at/fileadmin/user_upload/Downloads/Download-Verwaltung/Schulsport/Schulsport%20Recht/Bildungsstandards%20Handreichung.pdf

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (2023a, 1. Jänner). *Bewegung und Sport in der Schule.* https://www.bmbwf.gv.at/Themen/schule/schulpraxis/schwerpunkte/gesund/sport.html

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (2023b, 1. Jänner). *Lehrplan der Mittelschule.* https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007850

Bundesschülervertretung. (2017, 1. Jänner). *Onlineumfrage.* https://www.bsv.at/

Carlson, S. M., & Moses, L. J. (2001). Individual differences in inhibitory control and children's theory of mind. *Child Development, 72*(4), 1032–1053. https://doi.org/10.1111/1467-8624.00333

Caterino, M. C., & Polak, E. D. (1999). Effects of two types of activity on the performance of second-, third-, and fourth-grade students on a test of concentration. *Perceptual and motor skills*, *89*(1), 245–248. https://doi.org/10.2466/pms.1999.89.1.245

Chaddock, L., Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Johnson, C. R., Raine, L. B., & Kramer, A. F. (2012). Childhood aerobic fitness predicts cognitive performance one year later. *Journal of sports sciences, 30*(5), 421–430. https://doi.org/10.1080/02640414.2011.647706

Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Voss, M. W., Knecht, A. M., Pontifex, M. B., Castelli, D. M., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2013). The effects of physical activity on functional MRI activation associated with cognitive control in children: a randomized controlled intervention. *Frontiers in human neuroscience*, *7*, 72. https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00072

Colcombe, S. J., Kramer, A. F., Erickson, K. I., Paige, S., McAuley, E., Cohen, N. J., Webb, A., Jerome, G. J., Marquez, D. X., & Elavsky, S. (2004). Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences,* 101(9), 3316–3321.

Deffner, C., Braunert, S., & Hille, K. (2016). Die Bedeutung der exekutiven Funktionen und ihre alltagsintegrierte Förderung im Kindergarten. *Das Kita-Handbuch.* https://www.kindergartenpaedagogik.de/fachartikel/bildungsbereiche-erziehungsfelder/kognitive-bildung/525/

Deffner, C., Braunert, S., & Hille, K. (2016, 1. Jänner). *Die Bedeutung der exekutiven Funktionen und ihre alltagsintegrierte Förderung im Kindergarten.* https://www.kindergartenpaedagogik.de/fachartikel/bildungsbereiche-erziehungsfelder/kognitive-bildung/525/

Dettweiler, U., Lauterbach, G., Becker, C., & Simon, P. (2017). A Bayesian Mixed-Methods Analysis of Basic Psychological Needs Satisfaction through Outdoor Learning and Its Influence on Motivational Behavior in Science Class. *Frontiers in psychology*, *8*, 2235. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02235

Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135–168. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750

Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science (New York, N.Y.)*, *333*(6045), 959–964. https://doi.org/10.1126/science.1204529

Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science (New York, N.Y.)*, *318*(5855), 1387–1388. https://doi.org/10.1126/science.1151148

Eckenbach, K., & Neuber, N. (2016). Entwicklung exekutiver Funktionen in der Sekundarstufe I – Ergebnisse einer quasi-experimentellen Studie zum Potenzial des Sportunterrichts und zur Altersabhängigkeit des Fördereffekts. *Diskurs Kindheits- und Jugendforschung*, (4), 387-399. https://doi.org/10.3224/diskurs.v11i4.25600

Eckenbach, K., Neuber, N., & Pfitzner, M. (2017). Kognitionsförderung durch Bewegung, Spiel und Sport- Wie können Lehrkräfte exekutive Funktionen fördern? *Schule NRW : Amtsblatt des Ministeriums für Schule und Weiterbildung,*

69(4), 13-15. https://www.schulsport-nrw.de/fileadmin/user_upload/BeweG_NRW/Lernen_und_Bewegung_-_Staerkung_von_Schulprofilen/Jahrestagung_BiS_2017/Eckenbach_et_al_2017_Kognitionsfo__rderung_durch_Bewegung_Spiel_und_Sport.pdf

Ekstrom, R.B., French, J.W., & Harman, H.H. (1976) *Manual for Kit of Factor-Referenced Cognitive Tests.* Educational Testing Service, Princeton.

Ellemberg, D., & St-Louis-Deschênes, M. (2010). The effect of acute physical exercise on cognitive function during development. *Psychology of Sport and exercise*, 11(2), 122-126.

Erickson, K. I., Hillman, C., Stillman, C. M., Ballard, R. M., Bloodgood, B., Conroy, D. E., Macko, R., Marquez, D. X., Petruzzello, S. J., & Powell, K. E. (2019). Physical Activity, Cognition, and Brain Outcomes: A Review of the 2018 Physical Activity Guidelines. *Medicine and science in sports and exercise*, *51*(6), 1242–1251. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001936

Flanagan, J. R., & Wing, A. M. (1993). Modulation of grip force with load force during point-to-point arm movements. *Experimental brain research*, *95*(1), 131–143. https://doi.org/10.1007/BF00229662

Flury, P. (2023). *Spielideen zur Förderung der Exekutiven Funktionen für 3 bis 7-Jährige.* https://www.radix.ch/media/d0zhglax/pb_tagung_2019___handout_ws_4_flury.pdf

Gabbard, C., & Barton, J. (1979). Effects of Physical Activity on Mathematical Computation among Young Children. *Journal of Psychology*, *103*, 287-88.

Gill, D. L., Gross, J. B., & Huddleston, S. (1983). Participation motivation in youth sports. *International Journal of Sport Psychology*, 14, 1-14.

Guiney, H., & Machado, L. (2013). Benefits of regular aerobic exercise for executive functioning in healthy populations. *Psychonomic bulletin & review*, *20*(1), 73–86. https://doi.org/10.3758/s13423-012-0345-4

Gulick, M., K. (2014, 6. Jänner). *Meet the executive functions: the key to brains that work like they should.* https://blog.nebraskachildren.org/2014/01/06/meet-the-executive-functions-the-key-to-brains-that-work-like-they-should/

Hansen, A. L., Johnsen, B. H., Sollers, J. J., 3rd, Stenvik, K., & Thayer, J. F. (2004). Heart rate variability and its relation to prefrontal cognitive function: the effects of training and detraining. *European journal of applied physiology*, *93*(3), 263–272. https://doi.org/10.1007/s00421-004-1208-0

Hawkins, H. L., Kramer, A. F., & Capaldi, D. (1992). Aging, exercise, and attention. *Psychology and aging*, 7(4), 643–653.

Heath, M., & Shukla, D. (2020). A Single Bout of Aerobic Exercise Provides an Immediate "Boost" to Cognitive Flexibility. *Frontiers in psychology*, *11*, 1106. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01106

Herden, J., Voige, R., & Terwen, S. (2019). *Spiele zur Schulung der exekutiven Funktionen. Bewegung, Spiel, Sport.* https://fit-lernen-leben.ssids.de/files/download/KM_Sport_Spieleanleitung_190212.pdf

Hillman, C. H., & Schott, N. (2013). Der Zusammenhang von Fitness, kognitiver Leistungsfähigkeit und Gehirnzustand im Schulkindalter. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 20(1), 33–41.

Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. Nature Reviews. *Neuroscience*, 9(1), 58‑65.

Hillman, C. H., Kramer, A. F., Belopolsky, A. V., & Smith, D. P. (2006). A cross-sectional examination of age and physical activity on performance and event-related brain potentials in a task switching paradigm. *International journal of psychophysiology: official journal of the International Organization of Psychophysiology*, *59*(1), 30–39. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2005.04.009

Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Castelli, D. M., Hall, E. E., & Kramer, A. F. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience*, *159*(3), 1044–1054. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2009.01.057

Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Castelli, D. M., Hall, E. E., & Kramer, A. F. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience*, *159*(3), 1044–1054. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2009.01.057

Huber G., & Köppel, M. (2017). Analyse der Sitzzeiten von Kindern und Jugendlichen zwischen 4 und 20 Jahren. *Dtsch Z Sportmed,* 68, 101-106.

Huizinga, M., Dolan, C. V., & van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, *44*(11), 2017–2036. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010

Hunter, S. J., & Sparrow, E. P. (2012). *Executive Function and Dysfunction: Identification, Assessment and Treatment.* Cambridge University Press.

Jäncke, L. (2013). *Lehrbuch kognitive Neurowissenschaften.* Hogrefe Verlag.

Jansen, P. (2014). Macht Bewegung unsere Kinder wirklich schlauer?: Neue Erkenntnisse zum Zusammenhang von Bewegung und kognitiven Fähigkeiten bei Kindern und Jugendlichen. *Sport-Orthopädie – Sport-Traumatologie – Sports Orthopaedics and Traumatology*, 30(3), 267–273.

Jansen, P., & Richter, S. (2016). *Macht Bewegung wirklich schlau? Zum Verhältnis von Bewegung und Kognition.* Hogrefe Verlag.

Jurkowski, S. (2010). *Soziale Kompetenzen und Lernerfolg beim kooperativen Lernen.* (Dissertation, Sozialwesen). Kassel University Press GmbH.

Kamijo, K., & Takeda, Y. (2010). Regular physical activity improves executive function during task switching in young adults. *International journal of psychophysiology: official journal of the International Organization of Psychophysiology*, *75*(3), 304–311. https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2010.01.002

Kamijo, K., Pontifex, M. B., O'Leary, K. C., Scudder, M. R., Wu, C. T., Castelli, D. M., & Hillman, C. H. (2011). The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children. *Developmental science*, *14*(5), 1046–1058. https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01054.x

Khatri, P., Blumenthal, J.A., Babyak, M.A., Craighead, W.E., Herman, S., Baldewicz, T., Madden, D.J., Doraiswamy, M., Waugh, R., & Krishnan, K.R. (2001). Effects of exercise training on cognitive functioning among depressed older men and women. *Journal of Aging & Physical Activity*, 9(1), 43–57.

Kida N., Oda S., & Matsumura M. (2005). Intensive Baseball Practice Improves the Go/Nogo Reaction Time, but not the Simple Reaction Time. *Cognitive Brain Research*, 22, 257‑264.

Kramer, A. F., Hahn, S., McAuley, E., Cohen, N. J., Banich, M. T., Harrison, C., Chason, J., Boileau, R. A., Bardell, L. & Colcombe, A. (2001). Exercise, Aging, and Cognition: Healthy Body, Healthy Mind? In W.A. Rogers & A.D. Fisk (Hrsg.), *Human factors interventions for the health care of older adults* (S. 91–120). Lawrence Erlbaum Associates.

Kubesch, S. (2016). Der Sport macht´s!. In S. Kubesch. (Hrsg.), *Exekutive Funktionen und Selbstregulation: Neurowissenschaftliche Grundlagen und Transfer in die pädagogische Praxis* (2. Aufl.). (S. 121-144). Hogrefe Verlag.

Kubesch, S., & Walk, L. (2009). Körperliches und kognitives Training exekutiver Funktionen in Kindergarten und Schule. *Sportwissenschaft (Heidelberg), 39*(4), 309-317. doi:10.1007/s12662-009-0079-2

Kubesch, S., Walk, L., Spitzer, M., Kammer, T., Lainburg, A., Heim, R., & Hille, K. (2009). A 30-minute physical education program improves students' executive attention. *Mind, brain, and education, 3*(4), 235-242. doi:10.1111/j.1751-228X.2009.01076.x

Kulturverein KunstBox (2023, 1. Jänner). *Der Stroop-Test in der Praxis.* https://www.sprachlust.at/s-p-r-a-c-h-l-u-s-t/08-sprachverarbeitung/der-stroop-test/

Kurier. (2023, 04. Jänner). *Bildungsminister: "Tägliche Turnstunde geht sich nicht aus".* Kurier. https://kurier.at/politik/inland/bildungsminister-taegliche-turnstunde-geht-sich-ressourcentechnisch-nicht/402280487

Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D., & Tranel, D. (2012). *Neuropsychological assessment* (2. Aufl.). Oxford University Press.

Li, X., Wang, Z., Wang, Y., Li, X., & Li, D. (2021). Effect of exercise on inhibitory control is dose-dependent for adolescents. *Sports medicine and health science*, *4*(1), 54–60. https://doi.org/10.1016/j.smhs.2021.10.005

Mandolesi, L., Polverino, A., Montuori, S., Foti, F., Ferraioli, G., Sorrentino, P., & Sorrentino, G. (2018). Effects of Physical Exercise on Cognitive Functioning and

Wellbeing: Biological and Psychological Benefits. *Frontiers in psychology*, *9*, 509. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00509

Masley, S., Roetzheim, R., & Gualtieri, T. (2009). Aerobic Exercise Enhances Cognitive Flexibility. *Journal of Clinical Psychology in Medical Settings,* 16(2), 186–193.

McMorris, T. (2016). *Exercise-Cognition Interaction. Neuroscience Perspectives.* https://doi.org/10.1016/C2013-0-18937-4

Mehr, A., & Ulrich, W. (2010, 01. März). *Selbst- und Sozialkompetenzen im Sport- und Bewegungsunterricht.* https://www.mobilesport.ch/assets/lbwp-cdn/mobilesport/files/2011/10/Broschre_SeSoKo.pdf

Miyake, A., & Friedman, N. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions. Current directions in psychological science, 21, 8-14. http://dx.doi.org/10.1177/0963721411429458

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cognitive psychology*, *41*(1), 49–100. https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734

Moosbrugger, H., & Oehlschlägel, J. (1996). *Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar (FAIR).* Hans Huber Verlag.

Morales, J., Gomez-Ariza, J. C., & Bajo, T., M. (2016). Multi-component perspective of cognitive control in bilingualism. In J. W. Schwieter. (Hrsg.), *Cognitive Control and Consequences of Multilingualism* (S. 273-298). https://doi.org/10.1075/bpa.2.12mor

Mou, H., Fang, Q., Tian, S., & Qiu, F. (2023). Effects of acute exercise with different modalities on working memory in men with high and low aerobic fitness. *Physiology & behavior*, *258*, 114012. https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2022.114012

NeuroTransConcept GmbH (2023, 1. Jänner). *GRUNDLAGEN – WAS IST EINE DEMENZ?*. https://neurotransconcept.com/indications/?i=DEM

Oerter, R., & Dreher, E. (2002). Jugendalter. In R. Oerter & L. Montada (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie* (S. 258–318). Beltz Verlag.

Österreichische Gesundheitskasse. (2020, 1. Jänner). *Übergewicht bei Kindern. Fragen und Antworten [Broschüre]. https://www.gesundheitskasse.at/cdscontent/load?contentid=10008.707014#:~:text=Jedes%20dritte%20Kind%20in%20%C3%96sterreich,schnelle%20L%C3%B6%20sung%20aller%20Probleme.*

Pashler, H. (2000). Task switching and Multitask Performance. In S. Monsell & J. Driver (Hrsg.), *Control of cognitive processes* (S. 277-307). The Mit Press.

Pesce, C., Crova, C., Cereatti, L., Casella, R., & Bellucci, M. (2009). Physical activity and mental performance in preadolescents: Effects of acute exercise on free-recall memory. *Mental Health and Physical Activity,* 2(1), 16-22.

Rheinberg, F. (1997). *Motivation.* Kohlhammer Verlag.

Rhoades, B. L., Greenberg, M. T., & Domitrovich, C. E. (2009). The contribution of inhibitory control to preschoolers‘ social – emotional competence. *Journal of Applied Developmental Psychology,* 30, 310-320.

Rudolf-Müller, E. (2017, 12. Mai). *Gehirn.* https://www.netdoktor.at/anatomie/gehirn/

Schäfers, A. (2023, 1. Jänner) *Die Großhirnrinde - Neo- oder Isocortex.* https://www.gehirnlernen.de/gehirn/das-gro%C3%9Fhirn/die-gro%C3%9Fhirnrinde-neo-oder-isocortex/

Schellig, D., Drechsler, R., Heinemann, D., & Sturm, W. (2009). *Handbuch neuropsychologischer Testverfahren. Band 1: Aufmerksamkeit, Gedächtnis und exekutive Funktionen.* Hogrefe Verlag.

Shi, B., Mou, H., Tian, S., Meng, F., & Qiu, F. (2022). Effects of Acute Exercise on Cognitive Flexibility in Young Adults with Different Levels of Aerobic Fitness. *Int. J. Environ. Res. Public Health,* 19, 9106. https://doi.org/10.3390/ijerph19159106

Sibley, B. A., & Beilock, S. L. (2007). Exercise and working memory: an individual differences investigation. *Journal of sport & exercise psychology*, *29*(6), 783–791. https://doi.org/10.1123/jsep.29.6.783

Sibley, B. A., & Etnier, J. L. (2003). The relationship between physical activity and cognition in children: a meta-analysis. *Pediatric exercise science*, *15*(3), 243-256.

Sibley, B.A., Etnier, J.L., & Le Masurier, G.C. (2006). Effects of an Acute Bout of Exercise on Cognitive Aspects of Stroop Performance. *Journal of Sport & Exercise Psychology,* 28(3), 285–299.

Smiley-Oyen, A. L., Lowry, K. A., Francois, S. J., Kohut, M. L., & Ekkekakis, P. (2008). Exercise, Fitness, and Neurocognitive Function in Older Adults: The "Selective Improvement" and "Cardiovascular Fitness" Hypotheses. *Annals of Behavioral Medicine,* 36(3), 280–291.

Song, T. F., Chi, L., Chu, C. H., Chen, F. T., Zhou, C., & Chang, Y. K. (2016). Obesity, Cardiovascular Fitness, and Inhibition Function: An Electrophysiological Study. *Frontiers in psychology*, *7*, 1124. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01124

Spitzer, M. (2011). *Exekutive Funktionen – Basis für erfolgreiches Lernen* [Broschüre]. http://www.znl-fex.de/Fex_Broschuere.pdf

Sport Austria. (2023, 1. Jänner). https://www.sportaustria.at/de/schwerpunkte/soziales-und-gesellschaftspolitik/sport-und-schule/initiative-taegliche-turnstunde

Stroth, S., Kubesch, S., Dieterle, K., Ruchsow, M., Heim, R., & Kiefer, M. (2009). Physical Fitness, but not Acute Exercise Modulates Event-related Potential Indices for Executive Control in Healthy Adolescents. *Brain Research,* 1269, 114‑124.

Studymed (2023, 1. Jänner). *Das zentrale Nervensystem.* https://www.study-ham-nat.de/backend/ueben/aufgabe/id/869/uid/28

Tallen, G. (2016, 04. Juli). *Das Großhirn (Endhirn; Cerebrum).* https://www.gpoh.de/kinderkrebsinfo/content/erkrankungen/zns_tumoren/pohpatinfozns120070626/das_zns/einteilung_zns/grosshirn/index_ger.html

The National Multiple Sclerosis Society. (2023, 1. Jänner). *Paced Auditory Serial Addition Test (PASAT).* https://www.nationalmssociety.org/For-Professionals/Researchers/Resources-for-MS-Researchers/Research-Tools/Clinical-Study-Measures/Paced-Auditory-Serial-Addition-Test-(PASAT)

Thier, P. (2006). Grundlagen zielgerichteter Motorik. In H.-O. Karnath & P. Their (Hrsg.), *Neuropsychologie.* (2.Aufl.). (S. 275-285). Springer Verlag.

Tiedemann, C. (2021, 01. Mai). *„Sport" – Vorschlag einer Definition.* http://sport-geschichte.de/tiedemann/documents/DefinitionSport.pdf

Tilp, M., Scharf, C., Payer, G., Presker, M., & Fink, A. (2020). Physical Exercise During the Morning School-Break Improves Basic Cognitive Functions. *Mind, Brain, and Education*, 14, 24-31. https://doi.org/10.1111/mbe.12228

Tomporowski, P. D., Davis, C. L., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2008). Exercise and Children's Intelligence, Cognition, and Academic Achievement. *Educational psychology review*, *20*(2), 111–131. https://doi.org/10.1007/s10648-007-9057-0

Tomporowski, P.D., & Ganio, M.S. (2006). Short-term effects of aerobic exercise on executive processing, memory, and emotional reactivity. *International Journal of Sport & Exercise Psychology*, (4), 57–72.

Trentacosta, C. J., & Shaw, D.S. (2009). Emotional self-regulation, peer rejection, and antisocial behavior: Developmental associations from early childhood to early adolescence. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 30, 356-365.

Tuckman, B. W. (1965). Developmental sequences in small groups. Psychological Bulletin, 63, 348- 399.

van der Fels, I. M., Te Wierike, S. C., Hartman, E., Elferink-Gemser, M. T., Smith, J., & Visscher, C. (2015). The relationship between motor skills and cognitive skills in 4-16 year old typically developing children: A systematic review. *Journal of science and medicine in sport*, *18*(6), 697–703. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.007

van der Niet, A. G., Smith, J., Scherder, E. J., Oosterlaan, J., Hartman, E., & Visscher, C. (2015). Associations between daily physical activity and executive functioning in primary school-aged children. *Journal of science and medicine in sport*, *18*(6), 673–677. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.006

van Dongen, E. V., Kersten, I. H. P., Wagner, I. C., Morris, R. G. M., & Fernández, G. (2016). Physical Exercise Performed Four Hours after Learning Improves Memory Retention and Increases Hippocampal Pattern Similarity during Retrieval. *Current biology: CB*, *26*(13), 1722–1727. https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.04.071

Voss, M. W., Weng, T. B., Narayana-Kumanan, K., Cole, R. C., Wharff, C., Reist, L., Dubose, L., Sigurdsson, G., Mills, J. A., Long, J. D., Magnotta, V. A., & Pierce, G. L. (2020). Acute Exercise Effects Predict Training Change in Cognition and

Connectivity. *Medicine and science in sports and exercise*, *52*(1), 131–140. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002115

World Health Organization. (2012, 5. Oktober). *Physical activity.* https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity

Zach, S., & Shalom, E. (2016). The Influence of Acute Physical Activity on Working Memory. Perceptual and Motor Skills, 122(2), 365–374. https://doi.org/10.1177/0031512516631066

Zhang, J. Y., Shen, Q. Q., Wang, D. L., Hou, J. M., Xia, T., Qiu, S., Wang, X. Y., Zhou, S. B., Yang, W. W., Heng, S. Y., Lu, C. C., Cui, L., & Yin, H. C. (2022). Physical activity intervention promotes working memory and motor competence in preschool children. *Frontiers in public health*, *10*, 984887. https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.984887

I. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Unity & Diversity Modell (Miyake & Friedman, 2012, S. 10) 5
Abbildung 2: Stroop Test (Kulturverein KunstBox, 2023, Absatz Stroop-Test in der Praxis) 6
Abbildung 3: Überblick Aufteilung Gehirn (Studymed, 2023, S. 1) 8
Abbildung 4: Aufbau Großhirn (Tallen, 2015, S. 1) 9
Abbildung 5: Aufbau des präfrontalen Kortex von außen und innen (Schäfers, 2023, Absatz Präfrontaler Cortex) 11
Abbildung 6: Überblick Entwicklung exekutiver Funktionen (Gulick, 2014, Absatz What are executive functions?) 12
Abbildung 7: Überblick Kompetenzmodell (BMBWF, 2014, S. 14) 24
Abbildung 8: Überblick Motorareale (NeuroTransConcept GmbH, 2023, Absatz Demenz) 34
Abbildung 9: Aufbau motorischer Homunculus (Schäfers, 2023, Absatz Parietallappen) 35
Abbildung 10: Darstellung inverses Modell (In Anlehnung an Jansen & Richter, 2016, S. 80) 36
Abbildung 11: Prozessablauf Lernen von inversen Modellen (In Anlehnung an Jansen & Richter, 2016, S. 84) 38
Abbildung 12: Vorwärts-Modell (In Anlehnung an Jansen & Richter, 2016, S. 83) 38
Abbildung 13: Ergebnisse im Bereich Aufmerksamkeit/Konzentration, Rechenfähigkeiten und Kreativität (Tilp et al., 2019; Absatz Results) 48
Abbildung 14: Vergleich der Leistung des Arbeitsgedächtnisses von der Experimentalgruppe und Kontrollgruppe mit Hilfe des 1-Back-Task-Tests (Zhang et al., 2022, S. 7) 52
Abbildung 15: Zahnradmodell (Bewegte Schule Österreich, 2023, Absatz Das Zahnradmodell der Bewegten Schule) 57
Abbildung 16: Aufbau Flexball (angelehnt an Beck et al., 2011, S. 8) 60
Abbildung 17: Aufbau Reaktionsspiel Hütchen (eigene Darstellung) 62
Abbildung 18: Aufbau Promi-Passen (angelehnt an Beck et al., 2011, S. 9) 64
Abbildung 19: Aufbau Komplexspiel Hütchenball (angelehnt an Beck et al., 2011, S. 11) 66

II. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick der Studien, welche einen Zusammenhang zwischen akuten Belastungen und exekutive Funktionen zeigen (Best, 2010, Absatz What is the experimental evidence that aerobic exercise impacts children's EF?) 42
Tabelle 2: Einsatzmöglichkeiten von Bewegungsinterventionen im Schulalltag (Boriss, 2015, S. 104) 55
Tabelle 3: Möglichkeiten des aeroben Trainings, welche exekutive Funktionen beeinflussen (Best, 2010, S. 339) 58