



DIPLOMARBEIT

„BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung
kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 5-17
Jahren.“

verfasst von
Magdalena Fellhofer

angestrebter akademischer Grad
Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2015

Studienkennzahl lt. Studienblatt:	A 190 344 482
Studienrichtung lt. Studienblatt:	Lehramtsstudium UF Englisch UF Bewegung und Sport UniStG
Betreuerin / Betreuer:	Ao. Univ.-Prof. MMag. Dr. Konrad Kleiner

Vorwort

Da der Themenbereich meiner Arbeit im Rahmen meines sportwissenschaftlichen Studiums kaum berücksichtigt wurde und ich die Klärung der tatsächlichen Bedeutung von körperlicher Aktivität speziell in Verbindung mit meinem zukünftigen Lehrberuf als relevant und wichtig empfinde, bin ich über die Erkenntnisse, die ich durch die Auseinandersetzung mit der Thematik gewinnen konnte, dankbar. Durch äußerst fortgeschrittene technische Messungsverfahren war es den Forschern bei den Studien möglich, bereits direkt an den essenziellen Testpersonen die Tests zu nehmen und sie zu messen. Die umfangreiche Anzahl an bedeutenden Ergebnissen führte mich daher zu einer befriedigenden Conclusio, welche ich auf meinem weiteren Lebensweg bestimmt gut brauchen kann.

Rückblickend bin ich sehr froh, mich für dieses herausfordernde Thema entschieden zu haben und bedanke mich herzlichst bei Ao. Univ.-Prof. MMag. Dr. Konrad Kleiner für die überaus hilfreiche Unterstützung während meines Lern- und Arbeitsprozesses. Weiters möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, die mich in jeder Lebenssituation sehr unterstützt hat und mir dadurch die Möglichkeit gab, dieses Studium zu absolvieren.

Aus Gründen der besseren Leserlichkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung von männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

Abstract

Einleitung

Die positive Wirkung körperlicher Aktivität auf die menschliche Gesundheit ist unumstritten. Doch ein in den letzten Jahren wachsendes Forschungsgebiet der Neurowissenschaften demonstriert, dass körperliche Bewegung noch einen weitaus größeren Wirkungsbereich auf uns Menschen hat. Auch das Gehirn mit seinen Funktionen scheint von körperlicher Aktivität zu profitieren. Ziel der Arbeit ist, den Einfluss von körperlicher Aktivität auf die Entwicklung der kognitiven Funktionen zu überprüfen und zu erläutern. Bei der Bearbeitung dieser Thematik richtet sich der Fokus auf die Zielgruppe von Kindern und Jugendlichen im Alter zwischen 5 und 17 Jahren. Dafür werden explizit wissenschaftliche Studien vorgestellt, die diese These bestätigten. Zudem werden ideale sportliche Betätigungen besprochen, um durch gezielte Bewegung die Entwicklung der Kognition möglichst effizient zu fördern. Schlussendlich sollen die Ergebnisse der Studien dazu dienen, die Bedeutung sportlicher Betätigung für Kinder und Jugendliche im Schulalltag zu verstehen und damit eine Zukunftsvision eines geeigneten Schullebens zu definieren.

Literaturüberblick

In der Literatur finden sich zahlreiche Studien, die die Prävention von Krankheiten sowie die Förderung der Genesung bei bereits Erkrankten durch regelmäßige Bewegung bestätigen. Verglichen damit zeigt eine Literaturrecherche betreffs des Einflusses von körperlichen Aktivitäten auf die kognitiven Funktionen des Menschen einen deutlich geringeren Anteil an wissenschaftlichen Beiträgen, was sich auf das erst hier etablierende Interesse zurückführen lässt. Der aktuelle Forschungsstand kann jedoch bereits einige Resultate vorweisen, bei denen ein positiver Zusammenhang zwischen der Entwicklung kognitiver Funktionen durch Bewegung beschrieben wird. Engelhardt und Reuter (2010, S.224) behaupten, dass durch Bewegung eine höhere Gehirnaktivität sowie eine Zunahme des Gehirnvolumens erreicht werden kann. Cotman, Berchtold und Christie (2007, S. 464-469) unterstützen dies und fügen hinzu, dass körperliche Aktivität das Gedächtnis und die Lernfähigkeit verbessern, das Risiko neurodegenerativer Erkrankungen senken, altersbedingten kognitive Einschränkungen vermindern und sogar Depressionen mildern kann.

Speziell bezugnehmend auf Kinder und Jugendliche werden in Van Praags Artikel (2009, S. 283) Studien verglichen, die die Wirkung der Bewegung auf Schulkinder untersuchen und eine Verbesserung ihrer Lernfähigkeit, eine gesteigerte Intelligenzleistung, eine Veränderung beim Vokabel lernen und der Reaktionszeit nachwiesen. Daher kommt die Autorin (Van

Praag, 2009, S. 283) zu den Schluss, dass sportliche Aktivitäten der Kinder zu einen nicht unbeachtlichen Unterschied in der Praxis führen.

In Jansens (2014, S. 267-273) Versuch, den aktuellen Wissenschaftsstand über den Einfluss von Bewegung auf junge Sportler zusammenzufassen, kommt sie zu der kritischen Auffassung, dass zwar Veränderungen in den exekutiven Kontrollfunktionen und den visuell-räumlichen Prozessen nachgewiesen werden können, die einzelnen Studien jedoch große Variationen im Bereich der Messung, Dauer, Intensität, Altersgruppe und des Trainingsprogrammes aufweisen und daher Aufholbedarf herrscht, um allgemeine Ergebnisse berichten zu können. Dieses Problem haben auch Chang, Labban, Gapin und Etnier (2012, S. 88) erkannt, welche entgegenwirkend eine Meta-Analyse entwickelten, um empirische Ergebnisse aus den heterogenen Resultaten zu erfassen.

Basierend auf diesem Literaturüberblick soll die vorliegende Arbeit die folgenden Fragestellungen wissenschaftlich fundiert aufarbeiten.

Fragestellung

- Haben körperliche Aktivitäten einen essentiellen Einfluss auf die Entwicklung kognitiver Funktionen im Kindes- und Jugendalter (5-17 Jahren)?
- Welche körperlichen Bewegungen fördern besonders die Entwicklung von kognitiven Funktionen?
- Haben akute körperliche Aktivitäten Auswirkungen auf die Entwicklung kognitiver Funktionen?
- Welche Bedeutung bringen die Ergebnisse der Untersuchungen für den Bewegung und Sport Unterricht mit sich?

Methode der Bearbeitung

Um diese Fragestellungen beantworten zu können, sind zwei Methoden anzuwenden. Die erste betrifft die Literaturrecherche, die mittels folgender Datenbanken vollzogen wird: SPLIT, PUBMED und PSYINDEX. Die zweite bezieht sich auf die tatsächliche Aufarbeitung meines Themas basierend auf der hermeneutischen Forschungsmethode (Danner, 1989).

Ergebnisse

Die Arbeit kann mit Hilfe selektiver Studienergebnisse die Hauptforschungsfrage, ob körperliche Aktivität einen bedeutenden Einfluss auf die kognitiven Funktionen bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 5 bis 17 Jahren hat, überzeugend bestätigen.

Durch aktuelle Studien wird gezeigt, dass körperliche Aktivität fördernde physiologische Veränderungen im Gehirn bei den Wachstumsfaktoren (IGF-1, VEGF und BDNF), in der neuronalen Plastizität, in der Gehirndurchblutung sowie beim Gehirnstoffwechsel auslösen. Aufgrund dieser physiologischen Anpassungsmechanismen kann in weiterer Folge eine gesteigerte Gedächtnis- und Lernleistung bei körperlich Aktiven belegt werden. Auch wird demonstriert, dass durch körperliche Aktivität das Risiko, an kognitiven Krankheiten zu erkranken (Cotman et al., 2007, S. 469), sinkt.

Den Fokus der Zielgruppe der Arbeit betreffend, können positive Korrelationen bei Schülern mit höherem Fitnesslevel und besseren Schulleistungen bewiesen werden. Weiters veranschaulicht die Arbeit, dass Kinder und Jugendliche, die sich regelmäßig oder gelegentlich bewegen, bessere akademische Leistungen in der Schule erbringen als Schüler, die sich nur wenig oder kaum bewegen.

Auch die restlichen Forschungsfragen können in der Arbeit zufriedenstellend beantwortet werden. Daraus resultieren folgende Erkenntnisse:

Kinder und Jugendliche sollten am besten täglich Sport betreiben, mit Bewegungseinheiten mittlerer und höherer Intensität, die länger als 20 Minuten dauern sollten. Um die kognitiven Funktionen zu fördern, sollten die Bewegungsintervention im Idealfall aus einer Kombination aller motorischer Grundeigenschaften bestehen, mit einem gesetzten Schwerpunkt beim Ausdauertraining.

Am Ende der Arbeit wird die Bedeutung von Bewegung und Sport im Schulalltag besprochen und diskutiert. Daraus kann das Fazit gezogen werden, dass die Institution Schule die Verantwortung trägt, Kinder und Jugendlichen zu einem gesunden und bewegten Lebensstil zu führen. Dafür verlangt es etlicher Änderungen des momentanen Ist-Standes an Österreichs Schulen, was speziell durch ein zeitgemäßes und professionelles Verhalten von „Bewegung und Sport“ Lehrkräften angeregt werden sollte.

.

Abstract

Introduction

It is a commonly known fact that exercise does have positive effects on human health. However, recent neuro-scientific studies have shown that exercise has even more positive effects on our body. It also affects the human brain positively. Therefore, the aim of this thesis is to demonstrate the real effect of exercise on the development of the cognitive functions of children and adolescents (5-17 years). For this purpose, recent scientific studies will be shown, which will verify this proposition. Moreover, this thesis will also display the ideal way of exercising so that the perfect condition for the development of cognitive skills will be given. Finally, this will lead to an understanding of the importance of the integration of exercise into school life, leading to a futuristic vision of what a perfect school life should look like with regard to this topic.

Based on the latest neuro-scientific state of research essential study results and insights concerning the correlation between physical activity and cognitive functions have been explored by the use of the hermeneutic method.

Literature Review

The current state of literature provides a wide range of studies proving the prophylactic effect of exercise to prevent diseases, as well as its supporting effect to cure diseases. However, a review about the effect of exercise on the human's cognitive function leads to a much smaller range of literary contributions. This is due to the rather newly established research interest concerning this topic.

And yet, recent studies have already published convincing results, proving that there is indeed a positive connection between the development of cognitive function and exercising. The scholars Engelhardt and Reuter (2010, p.224) claim that exercising triggers a higher activity level in the brain, as well as an increased growth in its volume. Cotman, Berchtold und Christie (2007, p. 464-465) support these claims and add that exercising leads to improved functions of the memory and the learning process. Furthermore, they (2007, p. 468) also suggest that exercising reduces the risk of neurodegenerative diseases, such as cognitive decline.

Regarding the target group of children and adolescents between the ages of 5 and 17, Van Praag's article (2009, p. 283) provides significant insights. The author has found out that pupils who are more active show an improved ability to learn, a higher performance in testing

their intelligence, a better ability to learn vocabulary as well as a reduced reaction time. Therefore, the author (2009, p. 283) concludes that for pupils being active and exercising does indeed make a huge difference.

Another scholar, Jansen (2014, p. 267-273), has realized in her attempt to summarize the current state of research about the effect on young athletes that although several studies can prove the positive influences of exercising on the human's brain, the studies still display a big variety in their methods of testing, their stamina, their intensity, their age-group and their exercise interventions. Hence, the reliability of the studies' outcomes is questionable. As a result, Jansen suggests that for a better understanding concerning this research area, further studies will be needed to come to a general understanding. Chang, Labban, Gapin und Etnier (2012, p. 88) agree with Jansen and as a starting point to encounter these critics, have developed a meta-analysis to summarize the current heterogenic empirical results.

Based on this literature review, the following research questions for this thesis were developed.

Research Questions

- Does exercise play an essential role in the development of the children's and adolescents' cognitive function?
- What kind of exercise supports the development of cognitive function in particular?
- Does acute exercise have an effect on the development of cognitive function?
- As a result of the outcome of the various studies, what meaning can be attributed to the school subject "Physical Education"?

Results

Various selected studies have demonstrated that the thesis' main research question, if exercise has an effect on the development of the cognitive function of children and adolescents, can be positively confirmed.

Recent studies have proven that exercising causes physiological changes in the brain's growth factors (IGF-1, VEGF and BDNF), its neuronal plasticity, its vascular function and its brain metabolism. As a result of these physiological changes, the brain's memory and learning process of an active person profit. Moreover, the thesis exposes that exercising decreases the risk to suffer cognitive diseases.

Regarding the target group of children and adolescents, a positive correlation between higher fitness levels and higher academic performances is shown. Therefore, more active pupils have a higher chance to perform academically better in school than less active pupils.

However, all the other research questions are also being answered in the thesis. This has led to the conclusion that children and adolescents should ideally be active every day, performing moderate- or vigorous- intensity activities, which should last for at least 20 minutes. To facilitate the best conditions to support the development of cognitive functions, these activities should include all the motor abilities. Nevertheless, a special focus should be set on aerobic exercises.

Finally, at the end of the thesis, the special role of Physical Education in school is discussed and displayed. The bottom line is clear, schools need to realize their responsibility to lead the students to a healthy and active lifestyle. This asks for several changes in the Austrian school system, which can only be achieved when Physical Education teachers recognize their important role in making changes.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1-5
1.1 Hinführung zur Fragestellung	1
1.2 Methode der Bearbeitung.....	3
1.3 Gliederung der Arbeit.....	4
2. Neurologische Grundlagen.....	6-23
2.1 Definition der Kognition	6
2.2 Das Gehirn.....	7
2.3 Neuronen: die strukturelle Vernetzung des Gehirns	9
2.4 Lernen und Gedächtnis	11
2.5 Landkarten im Gehirn.....	14
2.6 Sensomotorischer Funktionskreis	16
2.7 Stadien der kognitiven Entwicklung.....	18
2.8 Zusammenfassung	22
3. BrainSport	24-68
3.1 Körperliche Aktivität und ihre Bedeutung für den Menschen	24
3.2 Körperliche Aktivität und ihre fünf motorischen Grundeigenschaften.....	25
3.3 Bewegung beflügelt den Geist	28
3.4 Das „Geheimrezept“ von körperlicher Aktivität	35
3.5 BrainSport im Kindes-und Jugendalter (5-17 Jahren).....	37
3.6 Die Wahl der körperlichen Aktivität.....	49
3.7 Akute oder chronische körperliche Aktivitäten?	58
3.8 Zusammenfassung	65
4. Bewegung und das Schulsystem	69-92
4.1 Bewegung und Sport als Bildungsauftrag.....	71
4.2 Das Legitimationsproblem.....	75
4.3 Zukunftsvision Bewegte Schule	76
4.4 BrainSport im Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“	81
5. Schlussbetrachtung und Fazit	93-96

Bibliographie	97
Abbildungsverzeichnis	102
Tabellenverzeichnis	103
Anhang	104

1. Einleitung

1.1 Hinführung zur Fragestellung

Ein in den letzten Jahren wachsendes Forschungsinteresse der Neurowissenschaften befasst sich mit der Wirkung von körperlicher Aktivität auf das menschliche Gehirn. Wie Studien zeigen, stehen Körper und Geist in einer wechselwirkenden Verbindung, was zur Folge hat, dass bei körperlichen Veränderungen durch Bewegung auch der Geist beeinflusst wird.

Mit Hilfe hochtechnologischer Messungsverfahren konnten mittlerweile positive physiologische Veränderungen im Gehirn als Resultat von körperlicher Aktivität festgestellt werden (Haberer, 2012; Voelcker-Rehage et al., 2013; Spitzer, 2012; Cotman et al., 2007; Jasper, 2008). Beck (2014, S. 44) behauptet sogar, dass der Einfluss von Bewegung eine so überlegene Effektivität auf die Prozesse im Gehirn hat, wie es sonst nirgends möglich ist. Daraus lässt sich schließen, dass neben den bereits weitaus bekannten positiven Wirkungsbereichen von Bewegung auf den menschlichen Körper und dessen allgemeinen Gesundheitszustand, auch das menschliche Gehirn profitiert.

Obwohl uns Menschen die positive Wirkung von Bewegung auf den menschlichen Körper bekannt ist, scheint der Einfluss moderner technischer Entwicklungen unsere heutige Gesellschaft bewegungsfauler zu machen. Dies hat logischerweise sichtliche Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen und stellt somit ein beachtliches Gesundheitsproblem dar. Die Zahl der Menschen, die an Adipositas oder an anderen, aufgrund von Inaktivität, entstehenden Krankheiten (Herz-Kreislaufproblemen, Haltungsproblemen, Bluthochdruck, etc.) leiden, steigt stetig an. Führt man die These, dass Geist und Körper miteinander im Zusammenhang stehen fort, so kann davon ausgegangen werden, dass die steigende Inaktivität, in weiterer Folge auch negative Wirkungen auf das menschliche Gehirn und somit die kognitiven Fähigkeiten hat.

Um diesem Trend entgegenzuwirken, ist es essenziell, sich eine Strategie zu überlegen, mit dem Ziel, der Gesellschaft erneut die Bedeutung von körperlicher Aktivität in Erinnerung zu rufen. Eine äußerst wichtige Altersgruppe, die hier in den Fokus rückt, betrifft die Kinder und Jugendlichen, denn diese sind unsere Zukunft. Außerdem könnte durch eine gesunde Einstellung bei der jungen Generation eine Art Schneeballeffekt entstehen, was sich wiederum auf die nachkommende Generation auswirkt.

Aus diesem Grund richtet sich der Hauptfokus der Arbeit auf die Altersgruppe von Kindern und Jugendlichen zwischen dem 5. und 17. Lebensjahr und verfolgt folgendes Ziel: den Einfluss von körperlicher Aktivität auf das junge menschliche Gehirn hervorzuheben. Genauer gesagt, wird mit selektierten Studien (Castelli et al., 2007; Hollar et al., 2010; Pellicer-Chenoll

et al., 2014; Sibley und Etnier, 2003) die zentrale Hauptforschungsfrage: Die Bedeutung von körperlicher Aktivität auf die Entwicklung der kognitiven Funktionen bei Kindern und Jugendlichen, ermittelt. Zudem wird nach unterschiedlichen körperlichen Bewegungsformen gesucht (Aberg et al., 2009; Buck, Hillman und Castelli, 2005; Chaddock et al., 2012), die sich speziell für die Förderung der kognitiven Prozesse eignen. Auch wird die Frage, ob denn schon eine einzelne akute Bewegungsintervention Auswirkungen auf die kognitiven Funktionen hat, aufgegriffen.

Die Klärung dieser Fragen soll dazu dienen, die bedeutende Rolle von körperlicher Aktivität im Leben eines Kindes und Jugendlichen zu verstehen und führt deshalb zur Schlussfrage nach der Notwendigkeit einer vermehrten Integration von Bewegung und Sport in der Institution Schule. Denn leider ist der momentane Ist-Stand an Schulen, die Integration von Bewegung und Sport betreffend, als unbefriedigend einzustufen. Wie Scholz und Ungerer-Röhrich (2013, S. 22.e1) berichten, kann das aktuell existierende Schulsystem unter dem Synonym der „Sitzschule“ laufen. Selbst in der Schule werden die Kinder und Jugendlichen zum Inaktiv-Sein verleitet.

Ein gravierender Grund für den aktuellen Ist-Stand an Österreichs Schulen kann in dem vorhandenen Legitimationsproblem gefunden werden, welches schon bei der fehlenden Akzeptanz des „Bewegung und Sport“ Unterrichts als „grundlegendes Schulfach“ beginnt (Haag, 2011, S. 54). Trotz der vielen anerkannten positiven Wirkungen von körperlicher Aktivität auf den menschlichen Körper wird selbst in der Institution Schule die Relevanz von Bewegung und Sport stets vernachlässigt.

Interessanterweise hat die Institution Schule jedoch den offiziellen, gesetzlich vorgegebenen Bildungsauftrag, die Schüler zu einem gesundheitsbewussten Lebensstil zu führen, was im weiteren Sinne unter anderem das regelmäßige Sporttreiben der Schüler verlangt (Lehrplan AHS, 2004). Dieser Bildungsauftrag muss von der Institution Schule anerkannt und thematisiert werden.

Mit dieser Arbeit möchte ich daher vor Augen führen, dass es keine Zweifel für die Legitimation der Integration von Bewegung und Sport in der Institution Schule geben dürfte. Wie bereits erwähnt, wird mit der Klärung der Hauptforschungsfrage und der daraus resultierenden Ergebnisse der umfangreiche positive Wirkungsbereich von körperlicher Aktivität auf die kognitive Entwicklung bei Kindern und Jugendlichen aufgezeigt. Zudem werden etliche Testergebnisse genannt, die aufgrund gezielter Bewegungsinterventionen, eine gesteigerte kognitive Leistungsfähigkeit und somit eine deutliche Verbesserung in den Schulnoten der Schüler, ermitteln konnten. Dies sollte helfen, ein Umdenken in der Gesellschaft zu erreichen, denn mit der richtigen und geeigneten Implementierung von Bewegung und Sport im Schul-

alltag kann, wie die Ergebnisse zeigen, eine positive Wirkung auf die Leistungen in den restlichen Unterrichtsgegenständen erzielt werden. Darüber hinaus würden die Schüler von zusätzlichen Bewegungseinheiten gesundheitlich profitieren.

Abschließend wird daher nochmals auf die bedeutende Rolle der Schule hingewiesen, welche im ersten Schritt dringendst die Notwendigkeit einer vermehrten Integration von Bewegung und Sport im Schulalltag anerkennen muss und die damit verbundenen Umstrukturierungen einleiten sollte. Unterstützend wird eine mögliche Zukunftsvision einer Bewegten Österreichischen Schule vorgestellt, die mit den richtigen Ambitionen und Einstellungen definitiv realisierbar ist.

1.2 Methode der Bearbeitung

Für die Beantwortung der oben angeführten Fragestellungen wurde die hermeneutische Forschungsmethode (Danner, 1989) gewählt. Im ersten Schritt der hermeneutischen Bearbeitungsmethode erfolgte daher eine umfangreiche Literaturrecherche in Datenbanken wie SPOLIT, PUBMED und PSYINDEX nach Studien, Artikeln und Büchern, die sich mit dieser Thematik beschäftigen. Nachdem ein grober Überblick gegeben war, galt es im zweiten Schritt, eine Selektion zu treffen. Hierbei war es äußerst wichtig, zu inhaltlich relevanten, aktuellen und verlässlichen Arbeiten zu gelangen. Als Autoren beziehungsweise Herausgeber sind in diesem Kontext Benjamin Sibley, Jennifer Etnier, Manfred Spitzer und Charles Hillman zu nennen. Diese Forscher scheinen auf diesem Gebiet großen Einfluss zu haben und bieten essenzielle Literaturbeiträge, die zur Bearbeitung der Forschungsfragen unabdingbar waren.

Im nächsten Schritt galt es, die erforschten Informationen zu verschriftlichen. Dies lief wie folgt ab: Beim Erstellen des ersten Kapitels sollte ein Überblick über die grundlegende neurowissenschaftliche Thematik geschaffen werden. Es beinhaltet deshalb eine Zusammenfassung terminologischer Begriffe sowie bedeutender Arbeitsprozesse des Gehirns (neuronale Vernetzungen, Informationsverarbeitung, Gedächtnisspuren, kognitive Entwicklung, Lernen und Gedächtnis, etc.).

Das nächste Kapitel widmete sich der Beantwortung der Hauptforschungsfrage und verlangte daher, mit der richtigen und präzisen Wahl von relevanten wissenschaftlichen Beiträgen zu einer Erkenntnis zu gelangen. Bei der Selektion der Studien stellten sich besonders Untersuchungen, welche die quantitative Bearbeitung der Meta-Analyse (Sibley und Etnier, 2003; Chang et al., 2012) anwandten, als hilfreich dar, da die Meta-Analyse quantitativ einen großen Umfang von qualitativen Studien zusammenfasst und daher überzeugende Ergebnisse liefert.

Nach der Bearbeitung der Hauptforschungsfrage wurden im nächsten und letzten Kapitel Überlegungen gesammelt, wie die erlangte Erkenntnis in die Praxis umgesetzt werden kann. Dies führte vorerst zu einer Analyse des momentanen Ist-Stands in Österreichs Schulen und endete mit möglichen Vorschlägen einer Schulvision für die Zukunft.

1.3 Gliederung der Arbeit

Die Arbeit setzt sich aus fünf Kapiteln zusammen. Das erste Kapitel umfasst die Ausarbeitung der Fragestellung, die angewandte Methode sowie eine allgemeine Gliederung der Arbeit.

Das zweite Kapitel oder auch erste Hauptkapitel (2. Neurologische Grundlagen) kann als Einführungskapitel betrachtet werden, denn hierbei werden die wichtigsten neurologischen Grundbegriffe geklärt, um die Grundprinzipien des Gehirns besser zu verstehen und nachvollziehen zu können. Neben einem visuellen Einblick in das menschliche Gehirn (2.2 Das Gehirn) werden die unbewusst ablaufenden Prozesse des Gehirns vorgestellt. Dabei wird das außerordentlich vernetzte System der Neuronen erklärt, welches schließlich einen essenziellen Part bei der Informationsverarbeitung trägt. Des Weiteren wird in dem Kapitel der Prozess des Lernens (2.4 Lernen und Gedächtnis) genauer betrachtet, was zu der Erkenntnis führt, dass Lernen mit dem Spurenlegen zu vergleichen ist. Denn bei richtigem Lernen entstehen Gedächtnisspuren im Gehirn eines Menschen und führen dadurch zu längerfristigen Verhaltensänderungen. Anknüpfend an die Erklärung des Lernprozesses und der daraus entstehenden Gedächtnisspuren werden die sogenannten „neuronalen Repräsentationen“ (2.5 Landkarten im Gehirn) vorgestellt. Denn genialerweise hat das Gehirn ein System entwickelt, bei dem Informationen und Erfahrungen nach Modulen abgespeichert sind, welche je nach Gebrauch angesteuert werden. Dies ermöglicht uns schließlich die rasche Informationsverarbeitung. Ein weiteres Thema, das im ersten Hauptkapitel aufgegriffen wird, befasst sich mit der Informationsaufnahme (2.6 Sensomotorischer Funktionskreis). Hierbei wird die Prozedur im Gehirn zwischen Informationsinput und Output geklärt. Als letztes Thema dieses Kapitels werden die unterschiedlichen Stadien der kognitiven Entwicklung vorgestellt. Eine genaue Kenntnis davon, kann besonders im Bereich der Bildung von Kindern und Jugendlichen helfen, Lernprozesse und kognitive Entwicklungsstadien besser zu verstehen und daher auch entsprechend zu fördern.

Das zweite Hauptkapitel (3. BrainSport) befasst sich mit der Klärung der Hauptforschungsfrage. Um auch hier vorerst ein Grundverständnis zum Thema „körperlicher Aktivität“ zu schaffen, werden in den ersten zwei Unterkapiteln (3.1 Körperliche Aktivität und ihre Bedeutung für den Menschen, 3.2 Körperliche Aktivität und ihre fünf motorischen Grundeigenschaften

ten) Grundbegriffe geklärt, das Verständnis eines angemessenen Sporttreibens definiert sowie die verschiedenen Möglichkeiten, körperlich aktiv zu sein, aufgelistet. Daran anschließend werden die nächsten fünf Unterkapitel genutzt, um die Forschungsfrage ausführlich zu beantworten. Im ersten Schritt wird daher von physiologischen Änderungen berichtet, die im Gehirn aufgrund von Bewegungsinterventionen festgestellt werden konnten. Es wird gezeigt (3.3 Bewegung beflügelt den Geist), dass Bewegung die Gehirndurchblutung und den Gehirnstoffwechsel fördert, ein Wachstum in der neuronalen Plastizität bewirkt, die Produktion von essenziellen Wachstumsfaktoren (VEGF, BDNF und IGF-1) anregt, sowie zu einer verstärkten Verbindung zwischen präfrontalem Kortex und Kleinhirn führt. Darauf aufbauend, werden überzeugende Studien vorgestellt, die Untersuchungen bei der gewünschten Altersgruppe (Kinder und Jugendlichen) vorgenommen haben, um den Einfluss von Bewegung auf deren kognitiven Prozesse zu ermitteln. Mit der daraus erlangten Bestätigung, die Forschungsfrage zu bejahen, werden im Anschluss (3.6 Die Wahl der körperlichen Aktivität, 3.7 Akute oder chronische körperliche Aktivitäten für die Entwicklung kognitiver Fähigkeiten) weitere Studien vorgestellt, die bei der Wahl der geeigneten körperlichen Aktivität zur Förderung der kognitiven Funktionen helfen sollen. Auch wenn die bestehende Literatur zu dieser Thematik noch recht unerforscht ist, konnte in den Ergebnissen eine einheitliche Dominanz des Ausdauertrainings erkannt werden. Es gibt bereits etliche Testresultate (Buck, Hillman und Castelli, 2005; Aberg et al., 2009), die das Ausdauertraining als besonders förderlich für die kognitiven Prozesse anerkennen.

Mit den gewonnen Erkenntnissen wird nun im letzten Hauptkapitel (4. Bewegung und das Schulsystem) die daraus resultierende Rolle der Schule thematisiert. Denn mit dem wachsenden Anteil an inaktiven Menschen, trotz der vielen bekannten positiven Wirkungen von körperlicher Aktivität, ist es höchste Zeit, hier entgegenzuwirken. Daher widmet sich Kapitel 4 der Grundsatzdiskussion, welche Bedeutung die Schule in dieser Thematik hat. Dies führt in weiterer Folge (4.1 Bewegung und Sport als Bildungsauftrag) zu einer Zusammenfassung der Lehrpläne und der darin bestehenden Bildungsaufträge, womit die Notwendigkeit des Handelns der Schule gesetzlich untermauert wird. Denn die Bildungsaufträge der Schulen verlangen, die Schüler zu einem gesundheitsbewussten Lebensstil zu erziehen. Mit der Bestätigung, dass die Schule hierbei Verantwortung übernehmen muss und handeln sollte, wird in den letzten Unterkapiteln über die momentan bestehenden Probleme an den Schulen berichtet, was abschließend in einer Vision endet, wie die Schule in Zukunft umstrukturiert werden kann, um eine verstärkte Integration von Bewegung und Sport zu fördern.

Das fünfte Kapitel der Arbeit (5. Zusammenfassung und Fazit) soll letztendlich helfen, die gesamte Arbeit nochmals anschaulich zusammenzufassen, mit dem Augenmerk auf die wichtigsten gewonnen Erkenntnisse.

2. Neurologische Grundlagen

Da sich der Fokus dieser Arbeit auf die Entwicklung kognitiver Funktionen richtet, ist es von besonderer Bedeutung, bestimmte Begriffe der Neurowissenschaften, die hiermit in Verbindung stehen, gesondert zu erläutern, um jegliche Missverständnisse und Unklarheiten vorzubeugen und schließlich zu einer aufschlussreichen Erkenntnis zu gelangen.

Aus diesem Grund widmet sich dieses Kapitel der terminologischen Klärung grundlegender Begriffe. Zudem werden die wichtigsten Funktionsweisen des Gehirns umfassend dargestellt, um ein Bild von den Prozessen der äußerst komplexen Informationsverarbeitung zu bekommen, welche notwendig ist, um uns Menschen das Erlernen von neuen Gedächtnisinhalten erst zu ermöglichen. Abschließend werden in dem Kapitel unterschiedliche Stadien der kognitiven Entwicklungen vorgestellt, die im Kindes- und Jugendalter durchlaufen werden sollten, um ein Verständnis für die tatsächliche Bedeutung von Bildung für junge Menschen zu schaffen.

2.1 Definition der Kognition

Bei einem Vergleich der menschlichen Existenz mit anderen auf der Erde vorkommenden Wesen werden oft der Verstand des Menschen und sein Denkvermögen als die ihn von anderen Lebewesen unterscheidenden Hauptmerkmale hervorgehoben. Leistungen wie Sehen, Denken, Sprechen, Hören, Fühlen, Wahrnehmen sowie Erinnern oder Entscheiden sind nur eine sehr geringe Anzahl der Fähigkeiten, die der Mensch Tag ein Tag aus unbewusst durchführt und die wir deshalb als selbstverständlich betrachten. Des Ausmaßes dieser Leistungen und welche Prozesse damit in Verbindung stehen, sind wir uns allerdings nicht bewusst.

All diese eben genannten mentalen Prozesse können unter dem Begriff „Kognition“ zusammengefasst werden. Ehlers (2007, S. 158) Erläuterungen zu Folge stellen nämlich die Prozesse des „*Wahrnehmens, Erkennens, Begreifens, Urteilens und Schließens*“ die Kernbereiche der Kognition dar. Ashcraft und Radvansky (2014, S. 3) definieren Kognition als die Sammlung aller mentaler Vorgänge und Aktivitäten, die für die Wahrnehmung, für das Erinnern, das Denken, das Verstehen sowie für den tatsächlichen Ablauf dieser Prozesse, benötigt werden.

Kurz gesagt, die Kognition des Menschen ermöglicht uns, Informationen aufzunehmen, sie zu verarbeiten und danach durchzuführen. Je nachdem, wie schnell, korrekt und genau die Informationen über eine Situation von den kognitiven Funktionen bemessen und bearbeitet werden, kann sich das jeweilige Verhalten des Menschen daran anpassen.

Folglich stellen sich die Fragen, was genau im Gehirn passiert, damit die kognitiven Funktionen zu diesen Informationen gelangen und welche weiteren Prozesse benötigt werden, um ein Verhalten einzuleiten und schließlich ausführen zu können. Aus diesem Grund ist in einem ersten Schritt das menschliche Gehirn in groben Zügen zu erläutern.

2.2 Das Gehirn

Obwohl das menschliche Gehirn nur 2% des Körpergewichtes ausmacht, verbraucht es stolze 20% der Gesamtenergie, die wir durch Nahrung aufnehmen (Spitzer, 2010, S. 50). Der Grund für diesen hohen Energiegebrauch lässt sich durch die komplexen Strukturen und Regionen (Hippocampus, Großhirnrinde, Thalamus, etc.) des Gehirns erklären, die zusammen ein riesiges informationsverarbeitendes Netzwerk bilden.

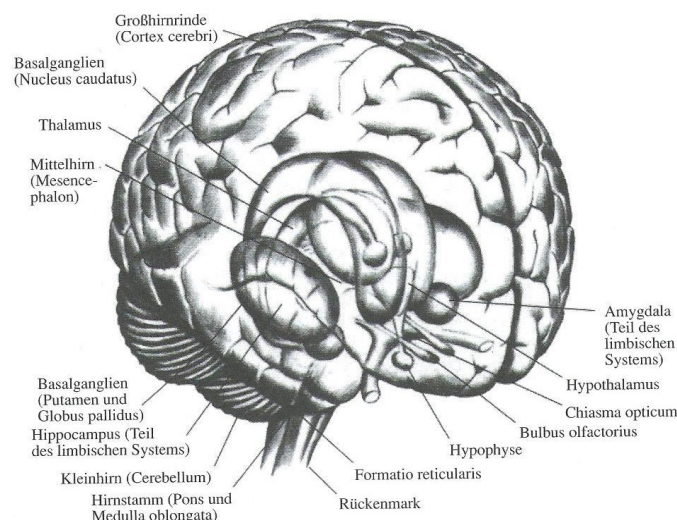


Abb. 1: Menschliche Gehirn (Thompson, 2001, S. 12).

Das Gehirn bildet gemeinsam mit dem Rückenmark das Zentralnervensystem. Dieses ist größtenteils für die Steuerung körperlicher Funktionen (Atmung, Verdauung, Körpertemperatur, etc.) und daher auch für unsere Wahrnehmungen und Handlungen zuständig (Heinemann und Ehlers, 2007, S. 176). Für die Überleitung von Informationen zum und vom Zentralnervensystem ist das periphere Nervensystem verantwortlich, welches außerhalb des Zentralnervensystems liegt. Es besteht aus afferenten (zuleitenden) und efferenten (ableitenden) Fasern. Wie die Namen bereits andeuten, übermitteln die afferenten Fasern die Informationen der Rezeptoren von Haut, Muskeln und Gelenken zum Rückenmark. Die efferenten Fasern hingegen erteilen die neurologischen Aufträge von Rückenmark und Hirnstamm zu den jeweiligen Muskeln (Thompson, 2001, S. 13).

Wie in Abbildung 1 ersichtlich wird, bildet das Rückenmark eine Schnittstelle zwischen dem Gehirn und dem restlichen menschlichen Körper. Die Hauptfunktion des Rückenmarks ist es, neuronale Botschaften zwischen Gehirn und Körper zu transportieren. Die Großhirnrinde und andere Strukturen des Gehirnes verwenden das Rückenmark, um unsere Körperbewegungen zu kontrollieren, indem Informationen über das Rückenmark zu den zuständigen Motoneuronen, die in Verbindung zu den Muskeln stehen, gesendet werden (Thompson, 2001, S. 15). Vice versa werden alle Sinneswahrnehmungen vom Körper über das Rückenmark in das Gehirn transportiert. Angrenzend an das Rückenmark befindet sich der Hirnstamm, der sich aus Medulla oblongata, Pons und Mittelhirn (Roth, 1996, S. 137) zusammensetzt. In der Medulla oblongata befinden sich wichtige Kerne der Nervenzellen, sowie auf- und absteigende Nervenstränge, welche wiederum eine Verbindung zwischen dem Gehirn und dem Rückenmark bilden. Anderson (1996, S. 23) folgend, reguliert die Medulla oblongata die Steuerung der „Atmung, das Schlucken, die Verdauung und den Herzschlag“. Von der Medulla weiterführend befindet sich die Brücke (Pons), die Faserbahnen und erneut Kerne aufweist. Außerdem stellt die Brücke eine Verbindungsstelle zum Kleinhirn dar. Das Kleinhirn, das sich oberhalb der Brücke befindet, ist vor allem für die Koordination der Motorik zuständig, hat aber auch einen essenziellen Part im Bezug auf Lernen und Gedächtnis (Thompson, 2001, S. 15-16). Fortsetzend vom vorderen Hirnstamm ist das Mittelhirn lokalisiert, das eine wichtige Rolle beim Seh- und Hörsystem spielt, Augenbewegungen steuert und schließlich auch die Bewegungskontrolle beeinflusst. In der Nähe des Mittelhirnes befinden sich der Thalamus und der Hypothalamus. Der Thalamus, bestehend aus Kernansammlungen, wird als die Hauptschaltfunktion des sensorischen Systems betrachtet und reguliert daher das Seh-, Hör- und somatosensorische System¹. Der Hypothalamus, welcher sich ebenfalls aus Kernregionen zusammensetzt, ist einerseits verantwortlich für die Anregung der wichtigsten Hormondrüse, der Hirnanhangsdrüse oder auch Hypophyse und andererseits spielt er eine entscheidende Rolle bei der Kontrolle der Gefühle (Thompson, 2001, S. 16-18). Eine weitere Region, die auf Abbildung 1 ersichtlich ist, ist das limbische System, welches für die Entwicklung von Emotionen und die Steuerung von Verhaltensweisen zuständig ist (Schellhammer, 2002, S. 15). In Verbindung zum limbischen System steht der Hippocampus, der einen wesentlichen Einfluss auf unser Gedächtnis hat (Anderson, 1996, S. 24): Der Hippocampus ist für die Überschreibung von Gedächtnisinhalten aus dem Kurzzeitgedächtnis zum Langzeitgedächtnis verantwortlich (Beck, 2014, S. 36). Ein anderer sehr wichtiger Teil des Gehirns ist die Großhirnrinde, da sie uns zu dem macht, was wir sind (Thompson, 2001, S. 20). Denn in diesem Bereich des Gehirns befinden sich herausragende menschliche Funktionen, wie das

¹ Ist für die Informationsverarbeitung von Haut-, Gelenk-, und Muskelrezeptoren verantwortlich und ermöglicht daher die Wahrnehmung von Druck, Berührung, Schmerz und Temperatur.

Bewusstsein, die Sinnesleistungen, die motorischen und sprachlichen Fähigkeiten, sowie das Denk- und Vorstellungsvermögen.

Hinsichtlich dieser kurzen Einführung in die unterschiedlichen Regionen und speziellen Strukturen (siehe Abbildung 1) des menschlichen Gehirns, ist es essenziell zu erwähnen, dass das Gehirn ein einziges gigantisches System bildet, welches sich aus Neuronen zusammensetzt (Thompson, 2001, S. 26).

2.3 Neuronen: die strukturelle Vernetzung des Gehirns

Nervenzellen oder auch Neuronen gelten als die grundlegendsten funktionellen Bausteine der strukturellen Organisation des Gehirns.

Thompson (2001, S. 29) verdeutlicht die fundamentale Funktion der Neuronen und argumentiert, dass unsere kognitive Leistung letztendlich von der Vernetzung der Neuronen im Gehirn abhängig sei. Anderson (1996, S. 18) fügt hinzu, dass das Gehirn etwa hundert Milliarden Neuronen erfasst, welche mittels wechselseitigem Zusammenspiel für die Verarbeitung von Informationen zuständig sind.

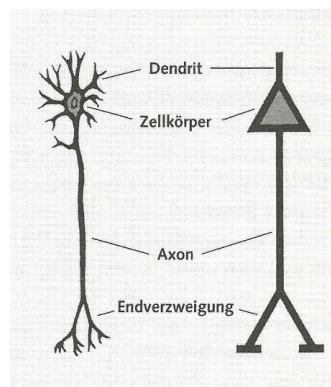


Abb. 2: Schematische Darstellung eines Neurons (Heinemann und Ehlers, 2007, S.178).

Die grafische Darstellung (Abb. 2) skizziert den Prototyp eines Neurons. Vom Zellkörper, auch Soma genannt, erstrecken sich etliche kurze Fortsätze, die Dendriten, und ein spezieller schlauchartiger Fortsatz, das Axon. Das Axon, welches zwischen wenigen Millimetern bis zu einem Meter lang werden kann, endet in mehreren Verzweigungen mit kleinen Endknöpfchen. Die Endknöpfchen des Axons führen wiederum zu Dendriten anderer Neuronen weiter, berühren diese jedoch nicht. Diese Kontaktstelle, trotz des kleinen Spaltes zwischen Axon und Dendriten, wird Synapse genannt und ist für das Kommunizieren von Informationen zwischen den Neuronen zuständig. Die Übermittlung von Informationen erfolgt durch das Frei-

setzen von chemischen Stoffen, sogenannten Neurotransmittern, seitens des Axons, die durch die Synapse das elektrische Potenzial des empfangenden Dendriten ändert (Anderson, 1996, S. 18-20). „Beschließt“ also ein Neuron, Informationen mittels synaptischer Übertragung zu senden, wird ein Nervenimpuls freigesetzt, der über das Axon durch das Entstehen von Aktionspotentialen zum anderen Neuron wandert und dadurch Einfluss auf die Zelle nimmt. Äußerst beachtlich ist der Umfang dieses Informationsverarbeitungssystems, realisiert man, dass ein einzelnes Neuron die Möglichkeit hat, mit bis zu zehntausend anderen Neuronen durch Synapsen verbunden zu sein und vice versa das Neuron selbst auf die gleiche Art und Weise auch andere Neuronen erregen kann (Roth, 1996, S. 130).

Lange Zeit gab es den Irrglauben, dass das Gehirn rein durch Genetik geformt wird und nur mehr sehr geringe Veränderungen während des Wachstums stattfinden. Eine andere bereits widerlegte Annahme betraf die Auffassung, dass das Gehirn mit dem Alter ständig an Leistung verlieren würde, da sich die Anzahl der Nervenzellen im Lauf des Lebens verringern würden. Heutzutage gibt es jedoch zahlreiche Studien, die diese Thesen widerlegen (Jasper, 2008, S. 20; Spitzer, 2010, S. 50; Heinemann & Ehlers, 2007, S. 182). Spitzer (2010, S. 50) und Heinemann & Ehlers (2007, S.182) sind sich einig, dass sich das Gehirn abhängig von seinem Gebrauch ständig verändert. Durch gehirngerechtes Lernen können stärkere Verbindungen zwischen den Neuronen entstehen. Dies führt zu einer besseren Zusammenarbeit im System und folglich zu präziseren und schnelleren Verarbeitungsleistungen der Informationsübertragung. Diese äußerst positive Anpassungsstrategie des Gehirns ist unter dem Namen Neuroplastizität (Spitzer, 2010, S. 50) bekannt. Von diesen Erkenntnissen schließen Heinemann und Ehlers (2007, S. 182), dass das Ausreifen des menschlichen Nervensystems nur durch ein adäquates Setzen von Reizen mittels Erfahrungen während der gesamten menschlichen Entwicklung möglich ist. Abbildung 3 ist eine repräsentative Illustration eines Neurons, das durch seine Benutzung zu einer verstärkten synaptischen Verknüpfung gelangte.



Abb. 3: Verstärkte Verknüpfung (Spitzer, 2011, zit. n. Pfarrhofer, G. 2012, S. 20).

Wie die Abbildung veranschaulicht, kommt es zu einer Erweiterung der Kontaktfläche der Synapse durch einen Zuwachs des Endknopfs (oben am Bild) und der Auftreibung (unten am Bild). Dies führt, wie am rechten Bild gut erkennbar ist, zum Wachstum eines zusätzlichen Dornes, dem sogenannten „dendritischen Dorn“ (Spitzer, 2010, S. 53). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass neurobiologisch betrachtet, unter dem Begriff „Lernen“ eine „Veränderung der Stärke neuronaler Verknüpfungen“ (Spitzer, 2010, S. 51) verstanden wird. Ein praktisches Beispiel hierfür ist der Lernprozess eines Kindes, einen Ball zu fangen. Dem Kind werden über kleine Distanzen Bälle leicht zugeworfen. Anfangs wird das Kind die Flugbahn des Balles noch nicht einschätzen können und wird deshalb ins Leere greifen. Eine weitere Schwierigkeit wird das Time-Management spielen, den richtigen Zeitpunkt für das Greifen zu treffen. Es wird etliche Versuche geben in denen die Bälle durch die Hände des Kindes rutschen oder an seinem Kopf vorbei fliegen werden. Die Synapsen sind in diesem Stadium noch sehr variabel in ihren Stärken. Nach einiger Zeit wird es jedoch zu ersten Fangerfolgen des Kindes kommen. Dies kann durch das verbesserte Abschätzen der Flugbahn, eines optimalen Zeitmanagement beim Zugreifen und einer besser abgestimmten Zusammenarbeiten der Muskeln erklärt werden. Doch wie hat das Gehirn diese komplexe Aktivität gemeistert? Durch das viele Üben und zahlreiche Fehlversuche konnte das Gehirn die Muskeln immer präziser ausrichten und steuern, bis schließlich durch die vielen Versuche von Trial and Error Erfolge entstehen, die im Gehirn gespeichert werden. Durch den Gebrauch der Synapsen und ihrer Verstärkung, entstehen (Spitzer, 2010, S. 54) „Spuren im Gehirn“.

2.4 Lernen und Gedächtnis

Bereits vor Hunderten von Jahren wurde Lernen mit dem Spurenlegen assoziiert. Schließlich lässt sich der Begriff „Lernen“ von dem indogermanischen Wort „lais“ ableiten, welches „Spur“ bedeutet. Außerdem kann man dem Begriff „lais“ auch im Gothischen finden, wo es wiederum für „ich weiß“ steht, also dem Resultat des Lernens (Spitzer, 2012, S. 30).

Eine weitere Erklärung für die Assoziation von Lernen mit dem Legen von Spuren liefern Menzel und Roth (1996, S. 239). Sie argumentieren, dass sowohl das Lernen als auch das Gedächtnis stark von Erfahrungen abhängig sind. Neue individuelle Erfahrungen werden mit angeborenen Fähigkeiten und angelerntem Verhalten verglichen und vermischt. Der daraus resultierende Übergang zwischen dem durch Erfahrung Erlernten und den angeborenen Eigenschaften führt dazu, dass wir Menschen in der privilegierten Lage sind, beinahe jedes Verhalten durch Übung und Erfahrung zu lernen. Menzel & Roth, (1996, S. 239) kommen daher zu der Schlussfolgerung, dass unter Lernen das Entstehen von neuen Gedächtnisinhalten, von neuen Spuren, zu verstehen ist, die für längere Zeit zur Verhaltensteuerung zu-

gänglich gemacht werden. Das hat zur Folge, dass Lernen mit längerfristigen Verhaltensänderungen gleichzusetzen ist und kurzfristige Änderungen ausschließt. Wie beim Spurenlegen bedeutet dies allerdings auch, dass sobald die Spuren fest getreten sind, es relativ schwer ist, gewohnte Verhaltenszüge neu zu etablieren (Spitzer, 2012, S. 31).

Aus der gewonnen Erkenntnis, dass beim Lernen Spuren im Gehirn entstehen, stellt Spitzer (2012, S. 29) die Behauptung auf, dass das Gehirn nicht zum Auswendiglernen gebaut ist. Dies begründet er mit der Erklärung, dass allgemein nur dann Synapsen verändert werden, wenn ständig Impulse ausgelöst werden. Ein einmaliger Impuls wie beim sturen Auswendiglernen führt daher zu keinen nachhaltigen Veränderungen. Zudem stellt Spitzer (2012, S. 29) fest, dass man das Gehirn mit einer Festplatte vergleichen kann, denn beim Lernen speichert es nicht detaillierte Einzelheiten der Erlebnisse ab, sondern fokussiert sich auf das Allgemeine. Ein perfektes Beispiel dafür ist ein Baby, das Laufen lernt. Durch wochen- oder sogar monatelanges Üben und Austesten gelangt es letztendlich zur Zielübung, dem Laufen. Dieser hochkomplexe Prozess, welcher vom Baby verlangt, Gravitationskonstante einzuschätzen, die Hebelgesetze zu regulieren und zusätzlich noch etliche Muskeln zu steuern, wird durch die besondere Arbeitsweise des Gehirns ermöglicht. Das Entscheidende ist, dass das Gehirn eben nicht jeden einzelnen Prozess abspeichert, wo und wann genau das Baby umfiel, sondern nur das Essenzielle, nämlich, wie es das Baby schafft, sich aufrecht zu halten. Brillanterweise werden Impulse vom Gehirn an die Muskeln gesendet, welche die Zeit messen, wie lange das Baby stehen bleibt. Bei jedem Hinfallen kommt es mehr und mehr zu einem Korrigieren, wodurch das Baby schließlich Laufen lernt. Durch viele Einzelfälle werden daher allgemeine Erkenntnisse abgespeichert, was im Lernprozess deutlich wichtiger ist als der Einzelfall selbst (Spitzer, 2012, S. 29).

Ein weiterer Aspekt, der sich aus dieser Diskussion heraus ergibt, betrifft die Erkenntnis, dass das menschliche Gehirn nicht nicht lernen kann (Spitzer, 2012, S.31). Das Gehirn kann man als Organ bezeichnen, mit der Hauptaufgabe ununterbrochen zu lernen. Diese besondere Eigenschaft des Gehirns hat zur Folge, dass ein Baby in nur wenigen Monaten Laufen kann, ein dreijähriges Kind alle neunzig Minuten ein neues Wort lernt oder ein Fünfjähriger einen Wortschatz von Tausenden Worten aufweist (Spitzer, 2012, S. 32).

Zusammenfassend lässt sich soweit sagen, dass Lernen neuronale Verknüpfungen auslöst, die zu einer Verhaltensänderung führen. Noch nicht erläutert wurde, was die Bedeutung des bereits erwähnten Gedächtnisses ist. Dieses hat nämlich die Aufgabe, den Lernprozess und die damit in Verbindung stehende Veränderungen zu speichern (Menzel und Roth, 1996, S. 249).

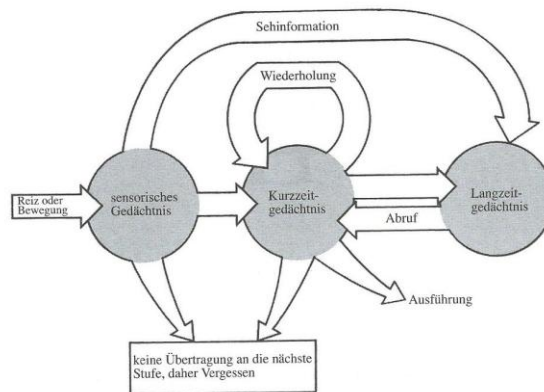


Abb. 4: Schema des menschlichen Gedächtnisses (Thompson, 2001, S. 360).

Die obige Abbildung zeigt ein Schema der Organisation unseres Gedächtnisses. Das sensorische Gedächtnis nimmt die gerade gelernten Bewegungen auf und speichert alle Einzelheiten für eine kurze Zeitspanne. Manche Informationen des sensorischen Gedächtnisses wandern weiter zum Kurzzeitgedächtnis, z. B. beim Merken von Telefonnummern. Wie in der Abbildung skizziert ist, können auch teilweise Informationen direkt vom sensorischen Gedächtnis zum Langzeitgedächtnis gelangen. Außerdem werden durch zahlreiches Üben und Wiederholen Informationen vom Kurzzeitgedächtnis erneut in das Langzeitgedächtnis weitergeleitet. Das Langzeitgedächtnis sichert die Informationen, welche bei Gebrauch, wie zum Beispiel beim Erinnern, vom Langzeitgedächtnis wieder zurück an das Kurzzeit- oder auch Arbeitsgedächtnis gesendet werden. Um sich an etwas erinnern oder auch um motorisch geschickter werden zu können, sind genau diese Vorgänge im Gedächtnis notwendig. Das Arbeitsgedächtnis stellt daher auch unser Bewusstsein dar (Thompson, 2001, S. 360).

Menzel und Roth (1996, S. 251) schließen sich Thompson's drei Formen (Sensorisches-, Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis) des Gedächtnisses an und fügen hinzu, dass beim sensorischen Gedächtnis oder auch Ultrakurzzeitgedächtnis reizspezifische Erregungen für einige Sekunden aufgenommen und anschließend mit anderen Reizen assoziiert werden, um den Lernvorgang zu ermöglichen. Weiters betonen die Autoren (Menzel & Roth, 1996, S. 251), dass das Kurzzeitgedächtnis nur eine sehr begrenzte Speicherkapazität (sieben +/- zwei Objekte, Zahlen oder Stimulationen) hat und zusätzlich unter großer Störanfälligkeiten leidet. Das Langzeitgedächtnis soll hingegen sehr störungsresistent sein und eine sehr große Speicherkapazität haben.

2.5 Landkarten im Gehirn

Rückblickend auf das vorherige Kapitel können vier äußerst wichtige Erkenntnisse betreffend bestimmter Eigenschaften des Gehirn gewonnen werden:

- Das menschliche Gehirn kann nicht nicht lernen.
- Das menschliche Gehirn ist nicht zum Auswendiglernen gebaut.
- Der Lernprozess des Gehirns ist stark von Erfahrungen abhängig.
- Beim Lernen fokussiert sich das Gehirn auf allgemeine Erkenntnisse und vernachlässigt detaillierte Einzelheiten der Erlebnisse.

Durch die Beschaffenheit des Gehirns mit den besagten Eigenschaften wurde ersichtlich, dass aus unserem ständigen Erleben von Erfahrungen allgemeine Erkenntnisse entnommen werden, welche durch synaptischen Zuwachs in den neuronalen Verbindungen als Spuren gespeichert werden. Diese Spuren im Gehirn werden oft auch als „neuronalen Repräsentationen“ bezeichnet. Die Bedeutung von neuronaler Repräsentation wird klarer, betrachtet man das Ausführen einer alltägliche Aufgabe. Hierbei greift das Gehirn auf vorherige Erfahrungen zurück, die zu diesem Zweck als neuronale Repräsentationen abgespeichert sind. Das Gehirn erkennt ein bestimmtes Muster und löst dadurch die Neuronen aus, die in diesem Kontext immer aktiv werden (Spitzer, 2012, S. 32). Bedenkt man die große Anzahl an Neuronen und Synapsen in unserem Gehirn sowie die vielen Fähigkeiten und Fertigkeiten, die ein Mensch beherrscht, ist es nicht verwunderlich, dass das Gehirn eine bestimmte Anordnung der Repräsentationen entwickelt hat. Neuronale Repräsentationen werden deshalb nach Modulen geordnet (Spitzer, 2012, S. 32).

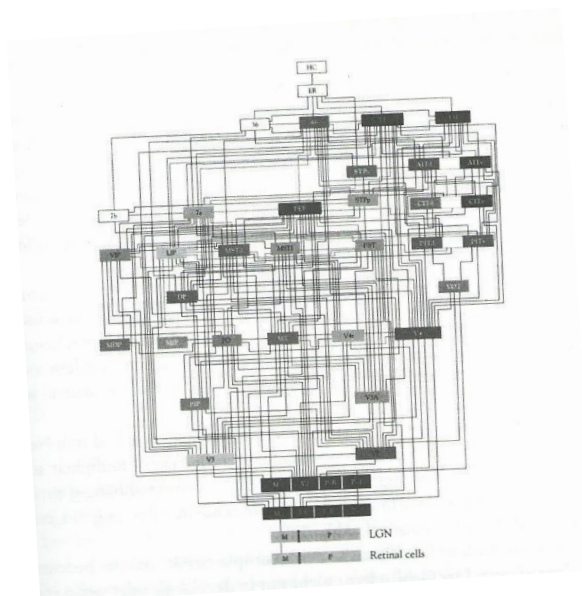


Abb. 5: Module und Verbindungen (Felleman & Van Essen, 1991, zit. n. Spitzer, 2010, S. 61).

Das in Abbildung 5 demonstrierte vernetzte System zeigt die vorhandenen Module, welche für die räumliche Organisation der Informationsverarbeitung zuständig sind. Informationen werden also nicht im gesamten Gehirn verarbeitet, sondern abhängig von der gegebenen Situation wird ein bestimmtes Modul angesteuert und verwendet. Die Informationsverarbeitung der Module findet sowohl durch „Bottom-up“ Informationsflüsse, bei denen sich die einfachen Regionen zu den komplexeren bewegen (in der Abbildung von unten nach oben), als auch durch „Top-Down“ Prozesse statt (von oben nach unten), bei denen die komplexen, bereits vorhandenen Informationen mit simplen Arealen verbunden werden und aufeinander Einfluss nehmen. Die Wechselwirkung zwischen den Modulen führt zu einer konstruktiven Zusammenarbeit, was eine schnelle und progressive Verarbeitung der Informationen ermöglicht.

Die genannten Module befinden sich in der Großhirnrinde in Form von Karten und sind nach inhaltlichen und formalen Ordnungspunkten angeordnet (Spitzer, 2012, S. 32). Spitzer (2002, zit. n. Spitzer, 2012, S. 31) veranschaulicht dies mit einer Karte von der Gehirnrinde, bei der gezeigt wird, wo die Neuronen im Gehirn für die Steuerung der Muskeln (Motorik) und für die Sensorik für den jeweiligen Bereich des Körpers liegen.

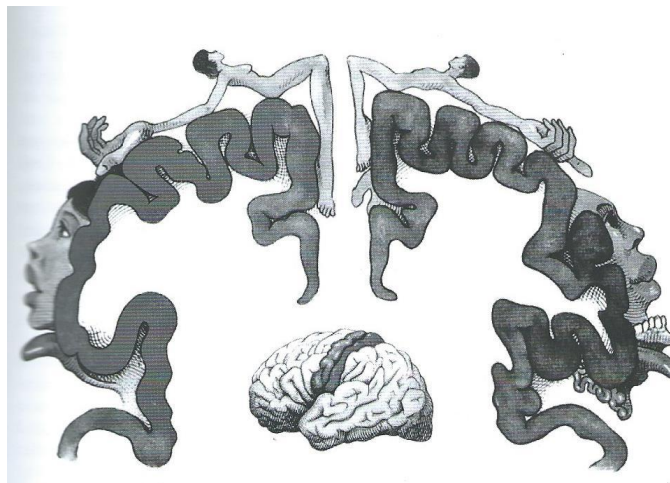


Abb. 6: Karte der Gehirnrinde (Spitzer, 2002, zit n. Spitzer, 2012, S. 31).

Anderson (1996, S. 28) weist daraufhin, dass die oben abgebildete Karte bestimmte Regionen des Körpers relativ groß beziehungsweise klein repräsentiert, verglichen mit unseren eigentlichen Körperproportionen. Ein simpler Grund hierfür ist, dass die auf der Karte größer repräsentierten Bereiche sensorisch empfindlicher sind. Taktile Reize im Gesicht oder an den Händen spüren wir deutlich stärker und feiner als am Rücken oder am Oberschenkel. Weiters fügt Spitzer (2012, S. 32) hinzu, dass sich die Proportionen der Regionen auf der

Karte im Gehirn je nach Benutzung der Körperteile unterscheiden. Die sehr groß abgebildeten Hände, die Lippen und die Zunge sind beispielsweise oft in Verwendung, da wir sie schließlich bei der lebensnotwendigen Nahrungsaufnahmen brauchen. Ein anderes Beispiel, das Spitzer (2012, S. 32) anführt, sind die Kartenproportionen eines Profi-Geigers, der durch sein jahrelanges Üben auf seiner Karte im Gehirn bis zu vier Zentimeter mehr Platz für die Finger der linken Hand aufweisen kann.

2.6 Sensomotorischer Funktionskreis

Nachdem geklärt wurde, welche Prozesse zur Informationsverarbeitung im Gehirn agieren, stellt sich noch die Frage, wie es zur Informationsaufnahme sowie letztendlich zur Informationsdurchführung kommt.

Banal gesagt, liefern sensorische Prozesse durch Rezeptoren den Input der Informationen, die zentral verarbeitet werden und daraus durch motorische Prozesse zum Output führen (Schellhammer 2002, S. 6). Schellhammer (2002, S. 6) veranschaulicht das Grundprinzip dieses sensomotorischen Funktionskreises in der folgenden Abbildung (Abb. 7).

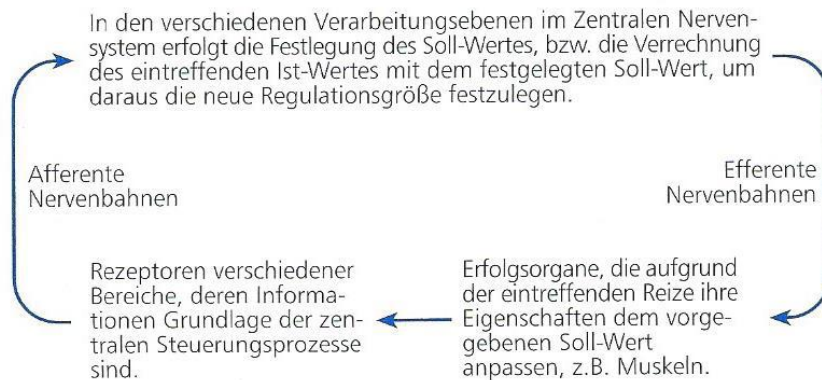


Abb. 7: Sensomotorischer Funktionskreis (Schellhammer, 2002, S. 6).

Wie die Abbildung skizziert, nehmen sensorische Rezeptoren Informationen auf und übermitteln diese via afferenter Nervenbahnen zu bestimmten Bereichen des Zentralen Nervensystems. Hier wird die Information zwischen Ist- und Sollwert geprüft und verarbeitet und anschließend über die efferenten Bahnen zu den motorischen Ausführungsorganen (z.B. Muskeln) transportiert. Schellhammer (2002, S. 7-8) betont allerdings, dass dies eine sehr vereinfachte Betrachtungsweise des Regelkreises ist und stellt in diesem Kontext fünf verschiedene Funktionskreise vor, die allesamt das gleiche Grundprinzip aufweisen, sich allerdings durch die hohe Komplexität und Vielseitigkeit der Bewegungen in den sensorischen, motori-

BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen

schen Prozessen sowie in den angesteuerten Gehirnregionen unterscheiden. Der erste Funktionskreis setzt sich aus den einfachen muskulären Regulationen bei Reflexen zusammen, der zweite erfasst komplexe automatisierte motorische Regulationen, der dritte vestibuläre Regulationen, der vierte automatisierte Bewegungsläufe, die unter dem Namen „extrapyramidale Motorik“ laufen und der letzte Regelkreis betrifft schließlich die Korticale Motorik, auch Willkürmotorik genannt (Schellhammer, 2002, S. 7).

Ein anderes Beispiel des Funktionskreislaufes zwischen Input und Output wird in Spitzers (2012, S. 35) Abbildung gut ersichtlich.

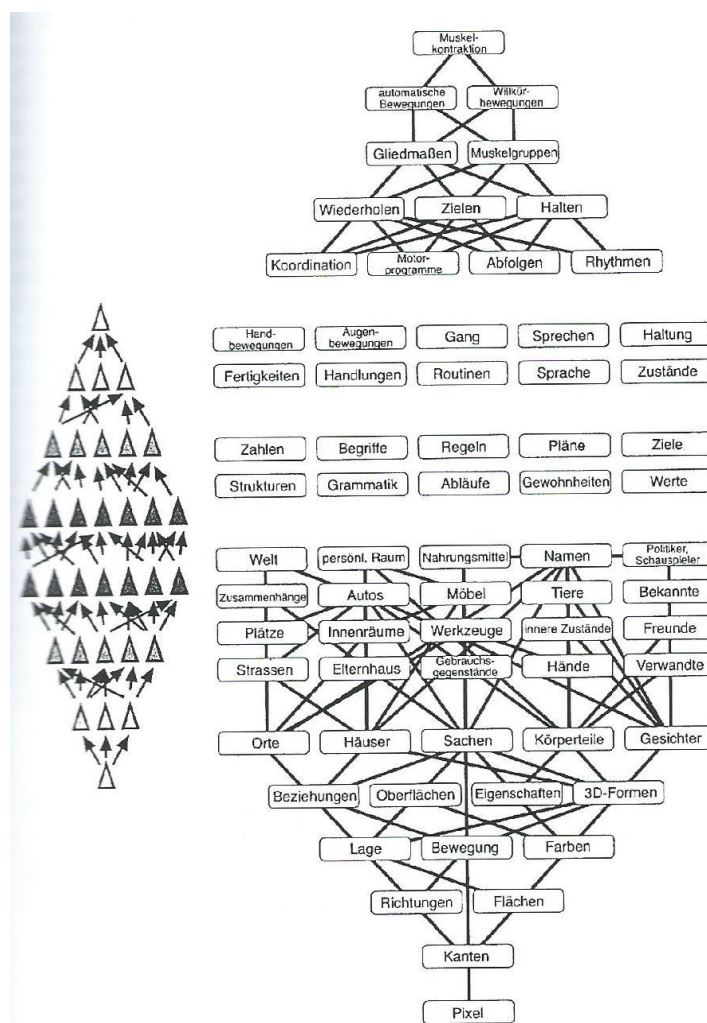


Abb. 8: Informationsverarbeitung (Spitzer, 2006, S. 103, zit. n. Spitzer, 2012, S. 35).

Das untere Drittel der Abbildung stellt das menschliche visuelle System dar. Dieses äußerst bemerkenswerte System ermöglicht uns, die Welt in all ihren Farben, Objekten und Bewegungen wahrzunehmen und zu erfahren. Es formt mit seinen vernetzten Modulen ein beachtliches Drittel des menschlichen Gehirns und vollbringt unvorstellbare Leistungen, die es uns

Menschen möglich machen, jeden einzelnen Augenblick zu erfassen (Spitzer, 2012, S. 32-33). Das hat allerdings zur Folge, dass es ständig mit einer immens großen Informationszufuhr konfrontiert ist, welche es mittels sensitiver Merkmalsanalyse bewältigt (Engel, 1996, S. 181). Für die Merkmalsanalyse sind wiederum die vielen vernetzten Module zuständig, da dort, wie schon erläutert wurde, vorherige Erfahrungen von Farben, Formen, Oberflächen usw. gespeichert sind. Zusätzliche entscheidende Eigenschaften des visuellen Systems sind seine Qualitäten nicht nur Objektmerkmale alleine, sondern auch, deren Relationen zu erkennen und die Bindungen der zusammengehörigen Objekte zu erfassen (Engel, 1996, S. 182). Dies ist notwendig, um Objekte als Einheit von anderen Objekten unterscheiden zu können.

Das visuelle System nimmt also die Information auf, mit dem Endziel, eine Handlung zu produzieren. Im oberen Teil der Abbildung wird die Motorik repräsentiert, die den Handlungsoutput, die Bewegung durch Muskelkontraktionen initiiert. Ein Beispiel des Funktionskreislaufs wäre: ich sehe einen Freund und winke ihm. Damit es allerdings zu dieser Winkbewegung kommen kann, müssen bestimmte Muskeln angesteuert werden. Dies erfolgt zu Beginn mit der Informationsaufnahme von hellen und dunklen Flecken auf der Netzhaut, was den Input ganz unten mit dem Pixel ausmacht. Weiterführend werden die Informationen verarbeitet, bis sie oben auf der Abbildung beim Output der Muskelkontraktion angekommen sind. Dazwischen können viele verschiedene Module lokalisiert werden, welche je nach Information durchlaufen werden. In Abbildung 8 wird dieser Prozess links in dem verkleinerten System verdeutlicht. Denn die eingezeichneten Verknüpfungen zwischen den Modulen sind, wie schon im vorherigen Kapitel erwähnt, nicht willkürlich vernetzt, sondern folgen einer bestimmten Organisation, sodass die Informationsverarbeitung schneller und besser ermöglicht wird (Spitzer, 2012, S. 36).

Somit lässt sich schlussfolgern, dass sich beide Autoren Spitzer (2012, S. 36) und Schellhammer (2002, S. 6) einig sind, dass der sensomotorische Funktionskreis zwischen Input und Output grundsätzlich einer Struktur folgt, sich jedoch abhängig von der Situation und der Information im Rezeptor, in den verschiedenen Modulen im Gehirn und auch letztendlich im Output der Motorik unterscheiden.

2.7 Stadien der kognitiven Entwicklung

Das Besondere am Spurenlegen von Erfahrungen im Gehirn, sodass neuronale Repräsentation und vernetzte Module entstehen, ist, dass es nur bis zu einem gewissen Alter stattfindet. Während Kinder neue Inhalte durch das Bilden von Spuren und von Strukturen erlernen, greift das Gehirn eines Erwachsenen auf Inhalte zurück, die bereits vorhanden sind und ver-

knüpft diese „nur“ neu (Spitzer, 2010, S. 119). Deshalb ist es von äußerst großer Bedeutung zu realisieren, wie wichtig Bildung und die Entwicklung des Geistes im Kindes- und Jugendalter tatsächlich sind. Der bekannte Spruch: „Was Hänschen nicht lernt, lernt Hans nimmermehr“ bringt diese Thematik auf den Punkt. Trotzdem ist dies nicht so zu verstehen, dass Erwachsene Neues nicht mehr erlernen können. Im Gegenteil: Wie Spitzer (2012, S. 20) betont, haben Erwachsene das Privileg bereits vieles in ihrer Vergangenheit gelernt zu haben und nutzen daher die bestehenden Strukturen. Je mehr synaptische Strukturen dem Erwachsenen zu Verfügung stehen, desto geringer ist dessen Aufwand bei Veränderungen dieser Strukturen.

Eine weitere Komponente, die das Altern mit sich bringt, betrifft die Lerngeschwindigkeit, welche sich mit steigendem Alter verringert. Interessanterweise lässt sich allerdings bereits eine Abnahme der Lerngeschwindigkeit ab dem siebzehnten Lebensjahr feststellen (Spitzer, 2012, S. 21). Spitzer (2010, S. 115) fügt dem hinzu, dass die Maximalgeschwindigkeit neuronaler Strukturbildungen bereits im ersten Lebensjahrzehnt gegeben ist. Die Veränderung der Lernfähigkeit im Bezug auf das Alter des Lernenden wird in Abbildung 7 gut veranschaulicht. Die Diagramme zeigen drei komplett unterschiedliche Lernsituationen und dennoch kann man die Ähnlichkeit der drei Kurven nicht leugnen. Obwohl verschiedene Bereiche des Gehirns in den drei Situationen betroffen sind, wird deutlich ersichtlich, dass die Lerngeschwindigkeit in allen drei Fällen mit Zunahme des Alters abnimmt (Spitzer, 2012, S. 20).

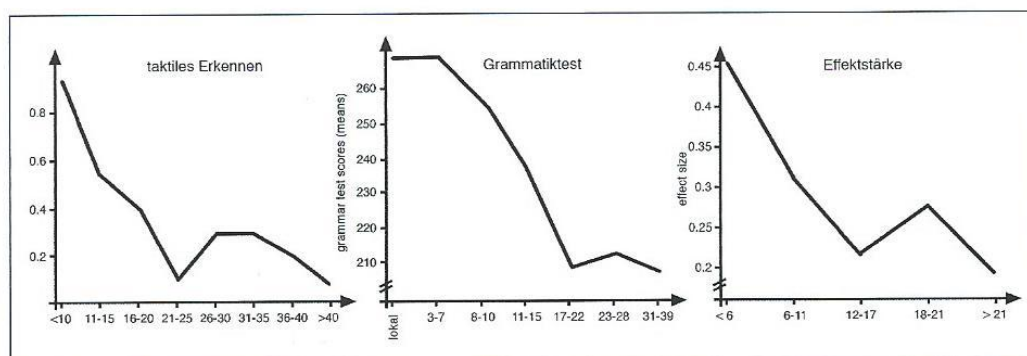


Abb. 9: Veränderung der Lernfähigkeit (Spitzer 2010, S. 117, zit. n. Spitzer, M. 2012, S. 20)

Hier sei allerdings noch einmal hervorgehoben, dass trotz der Abnahme der Lernfähigkeit im zunehmenden Alter betreffend der Lerngeschwindigkeit und der Bildung neuer Spuren, dies nicht missverstanden werden darf mit der Annahme, als Erwachsener nicht mehr lernen zu können. Folgendes Beispiel soll dies unterstreichen: Ein Erwachsener spricht bereits fünf Sprachen und möchte im Alter von vierzig Jahren eine weitere Sprache lernen. Erstaunlicherweise gelingt ihm die Sprachaneignung sogar schneller als einem Kleinkind das Erler-

nen seiner Muttersprache. Obwohl dies gerade allen vorherigen Feststellungen widerspricht, gibt es eine plausible Erklärung für diesen Fall: Der besagte Erwachsene kann viele Sprachstrukturen im Gehirn aufweisen, die es ihm ermöglichen, weitaus leichter nun weitere Strukturen anzuknüpfen und diese zu modifizieren (Spitzer, 2012, S. 20). Spitzer (2012, S. 20) beschreibt in diesem Kontext das Gehirn als einen „paradoxen Karton“, bei dem gilt: „*Je mehr schon drin ist, desto mehr passt noch hinein*“. Somit kann man das Resümee ziehen, dass die Lerngeschichte der Kindes- und Jugendzeit einen direkten Einfluss auf die Lernfähigkeit im gesamten Leben hat. Der Erwachsene wird mit schwerwiegenden Problemen kämpfen müssen, wenn er in seiner Kindheit nichts gelernt hat. Beziehungsweise sollte man verstehen, dass das familiäre und soziale Umfeld der Kinder, sowie Kindergarten, Volksschule und Allgemeinbildende Höhere Schule tatsächlich den Grundstein setzen für ein lebenslanges Lernen!

Ein anderer Aspekt, den Lernprozess eines Kindes zu ermöglichen, setzt eine gewisse kognitive Entwicklung in bestimmten Altersabschnitten voraus. Da ein Säugling mit einer übermäßig großen Reizflut an Neuinformationen kämpfen muss, hat er gelernt, Schemata für die Wahrnehmung, das Bewusstsein und das Denken zu verwenden, nämlich kognitive Schemata, die das Ich und die Umwelt voneinander unterscheiden (Ehlers & Hohlers, 2007, S. 162). Mit fortschreitender Entwicklung des Babys bilden sich zudem weitere Schemata (Ehlers & Hohlers, 2007, S. 163):

1. *Sensomotorische Periode*: Ein Säugling lernt von Geburt an bis zum zweiten Lebensjahr, sich selbst von der Umwelt zu unterscheiden. Während dieser Zeit kann der Säugling durch konstantes Suchen nach Stimulationen sowie durch Wiederholen und Erproben bestimmter interessanter Ereignisse das Gegenstandsschema entwickeln, welches das Kind zu einer Objektkonstanz führt. Dadurch lernt das Kind zu verstehen, dass auch mit Veränderungen von Raum und Zeit die Objekte gleich bleiben.

2. *Präoperationale Periode*: Bei Kindern zwischen zwei und sieben Jahren erfolgt der Spracherwerb. Diese Periode lässt sich in zwei Phasen teilen, die egozentrischen Phase, bei der das Kleinkind (zweites bis viertes Lebensjahr) noch nicht fähig ist, andere Gesichtspunkte wahrzunehmen und deshalb Objekte nach Haupteigenschaften definiert; und die intuitive Phase (viertes bis siebtes Lebensjahr), in der das Kind bereits erste anschauliche Denkopoperationen ausführen kann.

3. *Periode der konkreten Denkopoperationen*: In dieser Periode hingegen, die zwischen dem siebten und elften Lebensjahr einzuordnen ist, beherrscht das Kind erste logische Operationen, wie Handlungen und Objekte zu klassifizieren oder Rangordnungen herzustellen.

4. *Periode der formalen Operationen*: In der Jugendzeit (elf bis fünfzehn Jahre) besteht die kognitive Entwicklung daraus Hypothesen zu testen und mit Gedanken zu experimentieren, was letztendlich ein Übergang zum abstrakten Denken ist.

Ein Blick auf die vier Perioden verrät, dass in jeder Phase des Reifungsprozesses eines Kindes, vom beim Säugling bis zum Jugendlichen ein essenzieller Teil der kognitiven Entwicklung stattfindet und daher jede Phase als äußerst wichtig zu betrachten ist. In jeder Phase sollten die Begebenheiten gegeben sein, um die kognitive Entwicklung zu ermöglichen, beziehungsweise zu fördern.

Strätzs Artikel (2012, S. 42-55) gibt hierzu aufschlussreiche Beispiele, wie die Bildung eines Kindes idealerweise aussehen sollte, mit den Hauptzielen, dessen Persönlichkeit zu entwickeln, Potenziale und Kompetenzen bestmöglich herauszuholen sowie Motivation zu schaffen, um die Einstellung und Bereitschaft zu erlangen, sich auf neue Erfahrungen einzulassen und sie auch einzufordern. Der Autor fasst (2012, S. 55) überzeugend zusammen, dass es nicht darum geht, Kinder zu belehren, sondern darum, ihnen Möglichkeiten zu geben, in denen sie selbst Herausforderungen und Anregungen annehmen können. Dadurch stellt man ihnen den nötigen Freiraum zur Verfügung, eigene Fähigkeiten zu erlangen und diese zu entwickeln. Das Wichtigste bei der Entwicklung des Kindes ist, dessen Potenziale zu erkennen, sie wertzuschätzen und sie so gut wie möglich zu fördern.

2.8 Zusammenfassung

Homo sapiens, die Bezeichnung für unsere menschliche Gattung lässt sich als *der Mensch, der intelligent ist*, übersetzen. Als Grund für die Wahl dieser Definition kann ein Vergleich mit anderen Lebewesen dieser Erde dienen. Obwohl es viele andere Wesen auf unserem Planeten gibt, die durch die Evolution erstaunlich kreative und kluge Anpassungs- und Lebensstrategien entwickelt haben, kommt kein anderes Lebewesen an das kognitive Denkvermögen eines Menschen heran. Das menschliche Gehirn ist ein Prozessor, der nonstop arbeitet und es dem Menschen ermöglicht komplexe Informationen aufzunehmen, zu verarbeiten und auszuführen. Dies geschieht von Geburt an und in einem so unvorstellbaren Tempo, dass uns Menschen gar nicht bewusst ist, welche Höchstleistungen das Gehirn täglich vollbringt. Entscheidend dafür sind die kognitiven Funktionen unseres Gehirns, welche die Wahrnehmung, die Aufmerksamkeit, das Gedächtnis und das Denken betreffen. Mit anderen Worten: Die kognitiven Funktionen sind daher für die Informationszufuhr, Verarbeitung und Durchführung verantwortlich.

Es ist jedoch essenziell zu erwähnen, dass die kognitiven Funktionen auf viele einzelne Prozesse des Gehirns angewiesen sind, um schließlich zum Endprodukt der Informationsausführung zu gelangen. Betrachtet man das Gehirn genauer, werden viele Regionen ersichtlich, die allesamt wichtige Funktionen erfüllen. Jeder Bereich hat andere Aufgaben, die je nach Bedarf automatisch vom Gehirn angesteuert werden. Dennoch muss man verstehen, dass das menschliche Gehirn mitsamt seiner Vielzahl an individuellen spezifischen Strukturen und Regionen ein einziges, gigantisches, informationsverarbeitendes System bildet.

Wie das Kapitel gezeigt hat, ist dieses gigantische System wiederum von ganz bestimmten fundamentalen Bausteinen des Gehirns abhängig, nämlich den Neuronen, welche für die allgemeine Organisation zuständig sind. Durch die hervorragenden neuronalen Vernetzungen mittels Synapsen und ihr spezielles wechselseitiges Zusammenspiel wird die Informationsverarbeitung im Gehirn überhaupt erst möglich. Eine weitere Erkenntnis, die in diesem Zusammenhang ersichtlich wurde, betraf die Veränderungen und Anpassungen des Gehirns abhängig von seinem Gebrauch. Denn die synaptische Verbindung zwischen Neuronen kann durch gehirngerechtes Lernen verstärkt werden, was sich auf eine präzisere und schnellere Informationsverarbeitung in diesem Bereich auswirkt.

Eine weitere Anpassungsstrategie des Gehirns sorgt dafür, den synaptischen Zuwuchs als neuronale Repräsentationen zu speichern, welche sich wiederum in geordneten Modulen befinden. Dieses hochkomplexe vernetzte System der räumlichen Organisation der Informationsverarbeitung ermöglicht dem Gehirn, die Module schneller und progressiver anzusteuern und zu verarbeiten. Die Module sind in der Großhirnrinde in Form von Karten angeord-

BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen

net. Analysen von Karten haben allerdings ergeben, dass die Karten in der Großhirnrinde von Mensch zu Mensch unterschiedlich sind, da sie sich je nach Gebrauch verschieden anpassen.

All die genannten Eigenschaften des Gehirns ermöglichen uns Menschen zu lernen, sich zu entwickeln und neue Verhaltensformen anzunehmen. Darauf aufbauend, soll nun geprüft werden ob körperliche Aktivität einen Einfluss auf die Entwicklung des menschlichen Gehirns hat. Wie der Titel der Arbeit bereits verrät, richtet sich der Hauptfokus allerdings auf die kognitiven Funktionen von Kindern-und Jugendlichen im Alter von 5-17 Jahren.

3. BrainSport

Der positive Einfluss von körperlichen Aktivitäten auf den menschlichen Körper und dessen Gesundheit ist unumstritten. Durch regelmäßiges Sporttreiben werden lebensbedrohliche Risikofaktoren, wie an einem Herzinfarkt, Krebs oder Bluthochdruck zu leiden, deutlich gesenkt. Weiters ist bekannt, dass körperliche Aktivitäten positive und präventive Effekte auf rheumatische Erkrankungen, Osteoporose, Adipositas, Diabetes (Typ 2) und die mentale Gesundheit eines Menschen haben.

Forschungen zeigen jedoch, dass gezielte körperliche Betätigung noch weitere positive Effekte auf den menschlichen Körper hat. Hierbei ist insbesondere ein Forschungsbereich zu erwähnen, der seit Jahren immens wächst. Dieser befasst sich mit dem Zusammenhang zwischen Sport und den Neurowissenschaften. Gegenstand der Forschung ist, den Einfluss von körperlichen Aktivitäten auf das menschliche Gehirn und dessen Funktionen zu erforschen. Es gibt bereits etliche Studien, die beweisen, dass auch unser Geist und die Funktionen im Gehirn durch Bewegung profitieren.

Das folgende Kapitel untersucht daher die Bedeutung von körperlicher Aktivität auf das menschliche Gehirn. Es soll geprüft werden, welchen Einfluss Bewegung auf die menschliche neurologische Entwicklung hat. Da sich der Hauptfokus der Arbeit auf Sportler der Altersgruppe von 5 bis 17 Jahren richtet, sind passende Studien dazu selektiv auserwählt worden.

3.1 Körperliche Aktivität und ihre Bedeutung für den Menschen

Laut Weltgesundheitsorganisation (WHO Regional Office for Europe, 2015) umfasst der Begriff *körperliche Aktivität* all jene Bewegungen des Körpers, welche durch Muskelarbeit zum Energieverbrauch führen. Banal gesagt, betrifft das alle Aktivitäten, die den Energieverbrauch heben, wie zum Beispiel Radfahren, Gehen, Laufen, aber auch gewöhnliche Alltagsaktivitäten, wie den Haushalt führen (Staubsaugen, Kochen, Bügeln) oder einkaufen zu gehen. Nicht zu verwechseln sind hierbei die Begriffe *Sport* und *körperliche Fitness*. Das Europäische Informationszentrum für Lebensmittel (EUFIC, 2015) fasst zusammen, dass *Sport* einen Teilbereich der körperlichen Aktivitäten ausmacht, sich jedoch auf die strukturierten (Vereine, Wettbewerbe, Regeln) Bewegungsaktivitäten bezieht. *Körperliche Fitness* betrifft hingegen Eigenschaften, wie zum Beispiel Kondition, Beweglichkeit, Stärke und Ausdauer, durch deren Fähigkeiten körperliche Aktivitäten geleistet werden können (EUFIC, 2015).

Die wahre Bedeutung von körperlicher Aktivität für den Menschen veranschaulicht die Weltgesundheitsorganisation (fact sheet physical activity, 2015a) mit einer Statistik der globalen Sterbe-Risikofaktoren. Denn körperliche Inaktivität ist mit Platz 4 einer der Hauptrisikofaktoren. Die Absenz von körperlicher Aktivität kostet daher jährlich rund 3,2 Millionen Menschen das Leben. Hieran anknüpfend veröffentlicht die WHO, dass weltweit gesehen jeder vierte Erwachsene und sogar mehr als 80% der weltweit jugendlichen Population sich nicht ausreichend bewegen. Um hier entgegenzuwirken, gibt die WHO (Recommended amount of physical activity, 2015b) Empfehlungen zur körperlichen Aktivität für bestimmte Altersgruppen vor:

- **Kinder und Jugendliche zwischen 5 und 17 Jahren:**

Kinder und Jugendliche sollen täglich mindestens 60 Minuten körperliche Aktivitäten mittlerer und höherer Intensität ausüben. Außerdem sollten sie mindestens drei Mal wöchentlich spezielle Aktivitäten zur Stärkung der Muskeln und Knochen betreiben.

- **Erwachsene zwischen 18 und 64 Jahren:**

Erwachsenen zwischen 18 und 64 Jahren wird empfohlen, Aktivitäten von mindestens 150 Minuten mittlerer Intensität oder 75 Minuten höherer Intensität auszuüben. Um zusätzlichen gesundheitlichen Nutzen zu haben, können Erwachsene die Aktivitäten mittlerer Intensität auf 300 Minuten pro Woche erhöhen. Außerdem wird auch dieser Altersklasse geraten, Aktivitäten speziell zur Muskelstärkung an mindestens zwei Tagen pro Woche zu vollziehen.

- **Erwachsene mit 65+ Jahren:**

Bei Erwachsenen fortgeschrittenen Alters gelten dieselben Empfehlungen wie bei der vorherigen Altersgruppe zwischen 18-64 Jahren. Es wird jede gleich hinzugefügt, dass bei älteren Personen mit schwacher oder eingeschränkter Beweglichkeit mindestens drei Mal pro Woche ein Balancetraining durchgeführt werden sollte.

3.2 Körperliche Aktivität und ihre fünf motorischen Grundeigenschaften

Um den Empfehlungen der WHO gerecht zu werden, gibt es etliche Bewegungsangebote, die für die Umsetzung zur Verfügung stehen. Im folgenden Teil werden daher unterschiedliche Bewegungsarten beschreiben.

Grundsätzlich kann man zwischen fünf motorischen Grundeigenschaften der Bewegungen unterscheiden: Ausdauer-, Kraft-, Schnelligkeits-, Beweglichkeits- und Koordinationstraining.

Die Ausdauer ist simpel gesagt, die Fähigkeit, der psycho-physischen Ermüdung zu widerstehen (Weineck, 2004, S. 141). In anderen Worten müssen im Ausdauertraining sowohl die psychischen als auch physischen Komponenten adressiert werden, sodass der Sportler in der Lage ist, möglichst lange dem inneren Reiz, der den Abbruch der Belastung fordert, zu widerstehen, um dadurch der physischen Belastung, welche sich in körperlicher Ermüdung zeigt, entgegenzuhalten. Abhängig von der Beanspruchungsform kann die Ausdauer in verschiedene Erscheinungsformen geteilt werden. In Abbildung 10 wird die Ausdauer, unterteilt in ihre verschiedenen Subkategorien dargestellt.

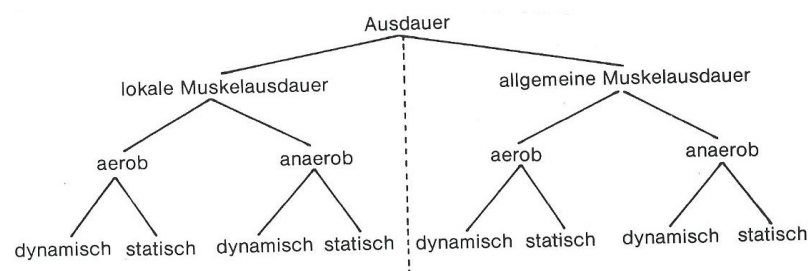


Abb. 10: Ausdauerformen (Hollmann & Hettinger, 1980, zit. n. Weineck, 2004, S. 144).

Wie in der Abbildung ersichtlich wird, lässt sich zwischen *lokaler* und *allgemeiner Ausdauer* unterscheiden. Diese Unterteilung beschreibt die Menge an Skelettmuskulatur, die bei der jeweiligen körperlichen Aktivität betroffen ist. Daher umfasst die allgemeine Ausdauer „mehr als ein Siebtel bis ein Sechstel der gesamten Skelettmuskulatur“ und die lokale Ausdauer „eine Beteiligung von weniger als ein Siebtel bis ein Sechstel“ (Weineck, 2004, S. 141).

Eine weitere Kategorie der Ausdauerformen differenziert zwischen *aerober* und *anaerober* Ausdauer. Hierbei wird die muskuläre Energiebereitstellung charakterisiert. Wie die Namen bereits andeuten, beschreibt die aerobe Ausdauer Bewegungen, bei denen genug Sauerstoff als Energieträger zur Verfügung steht und die anaerobe Ausdauer Belastungen, bei denen aufgrund zu hoher Intensität die Sauerstoffzufuhr nicht ausreichend ist. In dem Fall ist der Körper auf eine anoxydative Energiebereitstellung angewiesen (Weineck, 2004, S. 142). Da jedoch in der Praxis auf Grund der variablen Formen von Belastung und Intensität oft nicht zwischen anaerober und aerober Energiebereitstellung unterschieden werden kann, wird in *Kurzzeit-, Mittelzeit- und Langzeitausdauer* unterteilt. Die Kurzzeitausdauer beschreibt eine überwiegend anaerobe Bewegung mit maximalen Belastungen von circa 45 Sekunden bis zwei Minuten. Die Mittelzeitausdauer greift zunehmend auf die aerobe Energiegewinnung zu und betrifft Belastungen von zwei bis acht Minuten. Die Langzeitausdauer umfasst schließlich alle Belastungen, die länger als acht Minuten dauern und benötigt daher fast ausschließ-

lich die aerobe Energiebereitstellung (Weineck, 2004, S. 142). Die letzte Differenzierung, die noch erläutert werden muss, ist die *dynamische* und *statische Ausdauer*. Kurz gefasst bezieht sich die dynamische Ausdauer auf die Bewegungsarbeit und die statische auf Haltearbeit der Muskeln. Abschließend betont Weineck (2004, S. 144), dass in der Sportpraxis die Grundlagenausdauer, also die allgemeine, aerobe dynamische Muskelausdauer, die weitverbreitetste Ausdauerform ist.

Eine weitere Form der körperlichen Aktivität kann durch Krafttraining erfolgen. Wie Weineck (2004, S. 236) allerdings überzeugend schildert, kann die Kraft, welche in unterschiedlichen Sportarten vertreten ist, niemals als „Reinform“ erlebt werden, sondern wird immer nur als Mischform mit physischen Leistungsfaktoren verwendet. Deshalb wird die Kraft in ihren drei Hapterscheinungsformen abgeleitet: Maximalkraft, Schnellkraft und Kraftausdauer. Weineck (2004, S. 237) beschreibt die *Maximalkraft* als die höchstmögliche Kraft bei maximaler willkürlicher Kontraktion, die das Nerv-Muskelsystems ausüben kann; die *Schnellkraft* als „die Fähigkeit des Nerv-Muskelsystems, den Körper, Teile des Körpers (Arme, Beine) oder Gegenstände (z.B. Bälle, Kugeln, Speere, Disken, etc.) mit maximaler Geschwindigkeit zu bewegen“ (Weineck, 2004, S. 238) und die *Kraftausdauer* als die Fähigkeit, der Ermüdung des Organismus bei lang andauernder Kraftleistung Widerstand zu leisten (Weineck, 2004, S. 242).

Eine andere motorische Grundeigenschaft der Bewegungen betrifft die Schnelligkeit, also die Fähigkeit, mittels kognitiver Prozesse, Willenskraft und dem Nerv-Muskelsystem maximale Reaktions- und Bewegungsgeschwindigkeiten zu erreichen (Grosser, 1991, S. 13, zit. n. Weineck, 2004, S. 395). Jedoch kann auch die Schnelligkeit in Subkategorien geteilt werden. Grundsätzlich wird zwischen *reiner* und *komplexer* Schnelligkeit unterschieden. Die reine Schnelligkeit (Reaktionsschnelligkeit, Aktionsschnelligkeit, Frequenzschnelligkeit) ist nur vom zentralen Nervensystem und genetischen Faktoren abhängig. Bei der komplexen Schnelligkeit (Kraftschnelligkeit, Schnellkraftausdauer, maximale Schnelligkeitsausdauer) beeinflussen hingegen Kraftanteile und Ausdauerkomponenten die Bewegungsausführung. Ein Beispiel für reine Schnelligkeit wäre die *Reaktionsschnelligkeit*, die Fähigkeit, möglichst rasch und in kürzester Zeit auf einen Reiz zu reagieren. Ein Beispiel einer komplexen Schnelligkeitsform liefert die *Kraftschnelligkeit*, welche es ermöglicht, in einem bestimmten Zeitrahmen einem Widerstand einen möglichst hohen Kraftstoß zu geben (Weineck, 2004, 396-397).

Die letzten beiden motorischen Grundeigenschaften, die noch nicht erläutert wurden, sind die Beweglichkeit und die koordinativen Fähigkeiten. Unter *Beweglichkeit* versteht man die Fähigkeit, Bewegungen mit großer Schwingungsweite in einem oder mehreren Gelenken durchführen zu können. Doch auch bei der Beweglichkeit finden sich verschiedene Erschei-

nungsarten, nämlich die *allgemeine*, *spezielle*, *aktive* und *passive* Beweglichkeit. Die *allgemeine Beweglichkeit* beschreibt die Beweglichkeit der wichtigsten Gelenksysteme, welche je nach Beanspruchung unterschiedlich ausgeprägt ist. Die *spezielle Beweglichkeit* spielt in bestimmten Sportarten, besonders aber für Leistungssportler eine essenzielle Rolle. Denn diese Art bezieht sich auf die akzentuierte Beweglichkeit eines bestimmten Gelenkes, wie zum Beispiel dem Hüftgelenk beim Hürdenläufer. Der Unterschied zwischen aktiver und passiver Beweglichkeit lässt sich dadurch erklären, dass bei der *aktiven Beweglichkeit* der Sportler die größtmögliche Bewegungsamplitude durch die Kontraktion des Agonisten und der bei entstehenden Dehnung des Antagonisten erreichen kann. Bei der *passiven Beweglichkeit* wirken äußere Kräfte (Partner, Geräte) unterstützend auf das Gelenk, welche die größtmögliche Bewegungsamplitude allein durch eine Dehnung des Antagonisten auslösen (Weineck, 2004, S. 488).

Letztendlich stellen noch die koordinativen Fähigkeiten eine Möglichkeit der körperlichen Betätigung für uns Menschen dar. Unter *koordinativen Fähigkeiten* werden Prozesse verstanden, die zur Steuerung und Regelung der Bewegung dienen. Mit Hilfe der koordinativen Fähigkeiten kann ein Sportler motorische Aktionen sicher und ökonomisch ausführen (Weineck, 2004, S. 537). Weiters bilden die koordinativen Fähigkeiten die sensomotorische Grundlage, Bewegungen zu erlernen. Kurz gesagt, gut ausgeprägte koordinative Fähigkeiten führen zu einem schnelleren, effektiveren Bewegungsverständnis, was den Sportler wiederum zu einer raschen Bewegungsaneignung und einer präzisen Bewegungsdurchführung befähigt.

Nach dieser kurzen Erläuterung verschiedener Bewegungsformen stellt sich noch die Frage nach der Intensität des Trainings. Allgemein beschreibt die Intensität die Größe des Aufwandes, welchen der Sportler treibt, um die körperliche Aktivität durchführen zu können (WHO, Global Recommendations on Physical Activity for Health, 2010). Bei den Bewegungsempfehlungen spricht die WHO von mittlerer und höherer Intensität. Auf einer Skala von 0-10 sollten sich (WHO, Global Recommendations on Physical Activity for Health, 2010) Aktivitäten mittlerer Intensität im Bereich zwischen fünf und sechs und Aktivitäten höherer Intensität zwischen sieben und acht befinden. Logischerweise ist das Erleben der Intensität von Sportler zu Sportler verschieden.

3.3 Bewegung beflügelt den Geist

Rückführend zur Forschungsfrage dieser Arbeit, soll nun der Einfluss körperlicher Aktivitäten auf das menschliche Gehirn geklärt werden.

Die grundlegende Frage, ob körperliche Aktivitäten einen positiven Einfluss auf das Gehirn und dessen Funktionen haben, wird in der Wissenschaft mehrheitlich bejaht. Beck (2014, S. 17) behauptet sogar, dass es keine andere Tätigkeit oder Medikament gäbe mit solch effektiver Wirkung auf den menschlichen Geist wie die körperliche Aktivität.

Diese Thesen klingen im ersten Moment vielleicht unglaublich und man würde wohl eher mit dem Gegenteil rechnen. Eine plausibler klingende Annahme wäre: Wer viel Zeit für Sport und Bewegung opfert, hat wenig Zeit zum Lernen. Demzufolge würde man viele berühmte intellektuelle Persönlichkeiten nicht gerade mit Sportlichkeit assoziieren. Umgekehrt dazu, gibt es einige Profi-Sportler, die aufgrund ihres Verhaltens wiederum nicht mit dem Begriff Intelligenz in Verbindung gebracht werden können. Ein gutes Beispiel hierfür liefert der österreichische Schwimmer Markus Rogan, der in einem Interview mit dem Radiosender Ö3 folgende Aussage lieferte (Rogan Interview, 2012): „Ich glaube, es ist ein Riesenvorteil, wenn du weniger denkfähig bist. Es gibt einen guten Grund, warum die richtig guten Sportler nicht viel im Kopf haben, weil da ist der Kopf nicht im Weg“. Um dies zu untermalen fügte er noch hinzu (Rogan Interview, 2012): „Warum hat der Armin, der relativ schlau ist, nur vier Rennen gewonnen und der Hermann 50?“ Mit diesem abschließenden Satz, bezog er sich höchstwahrscheinlich auf die Skisportler Armin Assinger und Hermann Maier. Rogans Aussagen bestätigen nur allzu gut die gesellschaftlich weitverbreitete Meinung, dass Sport und Sportler mit Intelligenz und Intellekt nicht im Einklang stehen.

Vielzählige wissenschaftliche Forschungen der letzten Jahre zeigen jedoch auf, wie qualitativ aussagelos Rogans Interview ist und beweisen, dass die allgemeine gesellschaftliche Auffassung von geringerer Intelligenz bei Sportlern durch und durch falsch ist. Das Gegenteil ist sogar der Fall: Sport beflügelt den Geist. Studien zeigen, dass im Gegensatz zu nichtaktiven Personen, die aktiven verbesserte kognitive Leistungen aufweisen. Weitere Angaben zu diesen Studien werden später in der Arbeit genauer thematisiert.

Vorerst ist zu klären, was genau im Gehirn bei körperlicher Aktivität passiert. Haberer (2012, S. 75) fasst überzeugend zusammen, dass es mittlerweile zahlreiche Verfahren gibt, die die Veränderungen im Gehirn während körperlicher Aktivitäten bemessen können. Aus den Ergebnissen verschiedenster Experimente neurophysiologischer Studien entwickelte die Autorin (2012, S. 76) eine Übersichtsgraphik von vier physiologischer Mechanismen die durch Bewegung im Gehirn Veränderungen aufweisen.



Abb. 11: Neurophysiologische Mechanismen (Haberer, 2012, S. 76).

Ein Mechanismus, der in Abbildung 11 dargestellt wird, betrifft die *Gehirndurchblutung* und den *Gehirnstoffwechsel*. Lange Zeit galt die Annahme, dass die Gehirndurchblutung eigenständig und unabhängig vom restlichen Körper geschehen würde und deshalb auch keinen Einfluss durch körperliche Aktivität erfahren könne (Voelcker-Rehage, Tittelbach, Jasper & Regelin, 2013, S. 23). Doch Voelcker-Rehage et al. (2013, S. 23) weisen darauf hin, dass dies bereits bei Fahrradergometer-Untersuchungen widerlegt wurde. Es konnte erstmals durch die Bewegung eine signifikante Steigerung der Gehirndurchblutung und zusätzlich eine Veränderung im Gehirnstoffwechsel festgestellt werden. Dazu informieren Voelcker-Rehage et al. (2013, S. 23), dass durch Ausdauersport mittlerer Intensität die Durchblutung in bestimmten Gehirnarealen bis zu 20% erhöht werden kann und bei Ausdaueraktivitäten höherer Intensität sogar bis zu 30%. Eine verbesserte Gehirndurchblutung hat die Folge, dass das Gehirn mit mehr Sauerstoff versorgt wird und kann daher zu einer Steigerung der Denkleistung führen. Neben dem Ausdauersport gibt es jedoch noch eine weitere Möglichkeit, die Gehirndurchblutung zu fördern. Dies kann mit simplen Bewegungen der Finger oder der Muskeln der Mundregion erfolgen. Voelcke-Rehage et al. (2013, S. 24) argumentieren, dass obwohl die Hände nur 2% der Gesamtkörpermasse ausmachen, sie trotzdem fast 60% der Großhirnrinde für sich beanspruchen. In der Graphik von Spitzer 2012 in Abbildung 6 (siehe S. 15) wurde die besagte Dominanz der Hände und des Mundes in der Großhirnrinde bereits veranschaulicht. Durch die starke Präsenz in der Großhirnrinde kann der zunehmende Einsatz von Fingerbewegungen, wie beim Klavierspielen, auch eine verstärkte Gehirndurchblutung von etwa 20-30% erbringen.

Ein anderer bereits bekannter Effekt des Ausdauersportes auf den menschlichen Körper betrifft die Bildung neuer Blutgefäße im Herzmuskel. Cotman, Berchtold und Christie (2007, S. 466) zu Folge zeigen Studien, dass körperliche Aktivitäten auch in Gehirnregionen wie dem Hippocampus, dem Kleinhirn und dem Kortex, weitverbreitet neue Blutgefäße bilden. Dieser Zuwachs an Blutgefäßen hat zum Resultat, dass das Gehirn besser mit Nährstoffen und Energie versorgt werden kann. Aus dieser Erkenntnis lässt sich schließen, dass durch geeignetes kontinuierliches Training, sowohl im Gehirn wie beim Herz, eine allgemein verbesserte Nährstoffversorgung erreicht werden kann. Voelcker-Rehage et al. (2013, S. 24) fügen hinzu, dass es bereits Untersuchungen gibt, die die genauen Faktoren für dieses positive Wachstum der Blutgefäße ausfindig machen konnten. Denn durch körperliche Aktivität werden die Faktoren, *vaskulo-endothelialen Wachstumsfaktor (VEGF)* und der *insulinähnlichen Wachstumsfaktor (IGF-1)* verstärkt produziert, was wiederum in einer höheren Blutgefäßbildung resultiert.

Zusätzlich zu den bereits genannten Wachstumsfaktoren gibt es noch einen weiteren Faktor, der Einfluss auf das Gehirn bei körperlicher Betätigung nimmt, nämlich der *brain-derived neurotrophic factor (BDNF)*. Vom aktuellen Forschungsstand ausgehend, bilden diese drei Faktoren BDNF, IGF-1 und VEGF, die Hauptwachstumsfaktoren im Gehirn und spielen daher auch einen essenziellen Part beim Einfluss von körperlichen Aktivitäten auf das Gehirn (Cotman et al., 2007, S. 466). Durch abgestimmte Zusammenarbeit dieser drei Faktoren und dem positiven Effekt körperlicher Betätigung kann das Gehirn wichtigen Nutzen nehmen, sodass seine Plastizität, seine Funktionen sowie die allgemeine Gesundheit profitieren. Für eine detailliertere Übersicht des Einflusses der drei Faktoren stellen Cotman et al. (2007, S. 467) eine repräsentative Graphik bereit.

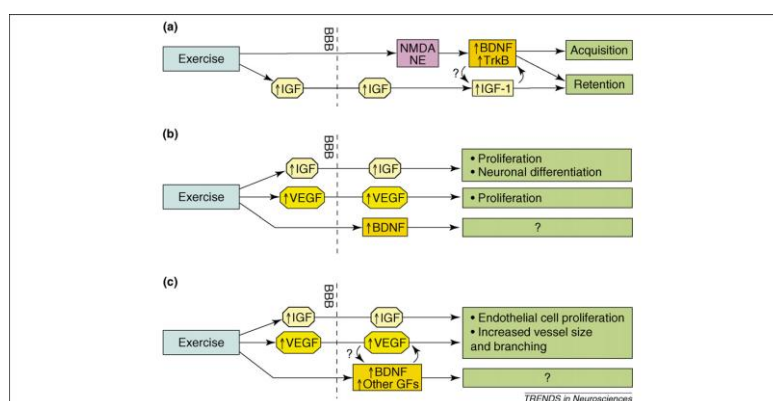


Abb. 12: Einfluss der Wachstumsfaktoren durch Bewegung (Cotman et al., 2007, S. 467).

In der Abbildung werden drei verschiedene Entwicklungsprozesse aufgelistet, die allesamt Bewegung als Katalysator aufweisen. Es wird gezeigt, welchen Einfluss Bewegung auf die

Wachstumsfaktoren hat und welche weiteren positiven Entwicklungen dies mit sich bringt. Der erste Entwicklungsweg (a) zeigt, dass durch körperliche Aktivität sowohl die beiden Faktoren, IGF-1 und BDNF als auch Neurotransmitter (NMDE, NE) beeinflusst werden. Diese Veränderung, die die Wachstumsfaktoren und die Neurotransmitter erfahren, haben weiterführend zur Folge, dass das Gehirn eine verbesserte Leistung beim Lernen erbringen kann. Denn sowohl der Erwerb von Lerninhalten als auch deren Abspeicherung im Gedächtnis werden durch diese Entwicklung gefördert. Im Fall (b) demonstrieren Cotman et al. (2007, S. 476), dass durch Bewegung die Faktoren IGF-1 und VEGF stimuliert werden. Durch diese Stimulation profitiert wiederum die Gedächtnisleistung des Gehirns. Denn die bewegungsinduzierten Veränderungen führen zur Neubildung von Nervenzellen im Hippocampus. Da wie bereits erwähnt (siehe S.8- 9) , der Hippocampus einen essenziellen Part in der Gedächtnisleistung des Gehirns spielt, können er selbst und daher auch das Gedächtnis mit der Bildung neuer Nervenzellen eine äußerst positive Entwicklung erfahren. Wie Untersuchungen mittels Magnetresonanztomographie zeigen kann dies sogar soweit führen, dass bei sportlich Aktiven ein größeres Volumen des Hippocampus feststellbar ist als bei Nichtaktiven (Schneider & Diehl, 2014, S. 65). Der letzte Prozess, der in der Graphik dargestellt wird, Prozess (c), veranschaulicht den bereits diskutierten Effekt körperlicher Aktivität auf das Wachstum von Blutgefäßen im Gehirn.

All die genannten Entwicklungen betreffend die Wachstumsfaktoren können in Abbildung 11 bei den neurophysiologischen Mechanismen unter *molekulare Veränderungen* zugeordnet werden.

Ein weiterer Mechanismus, der in Abbildung 11 adressiert wird, betrifft die *neuronale Plastizität*. Die Wissenschaft bestätigt: Durch Bewegung können Auswirkungen im Wachstum und in der Funktionsweise neuronaler Verknüpfungen im Gehirn nachgewiesen werden (Voelcker-Rehage et al., 2013, S. 24). Erneut spielen körperliche Bewegungen und ihre Effekte auf die Wachstumsfaktoren eine essenzielle Rolle. Denn durch BDNF und IGF-1 wird das Nervenwachstum gefördert. Genauer gesagt, bewirkt körperliche Aktivität eine Stimulation im Wachstum der Dendriten, sodass sie sich besser verzweigen können und folglich neue Synapsen bilden. Diese Entwicklung führt schließlich zu einem funktionsfähigeren, großflächigeren Informationsnetzwerk, das abermals das Denkvermögen des Menschen positiv beeinträchtigt. Voelcker-Rehage et al. (2013, S. 25) haben Forschungen gezeigt, dass besonders die Bewegung des Jonglierens förderlich für die Entwicklung der Gehirnplastizität sei. Durch die komplexe Bewegung mit den Bällen wird das Gehirn so intensiv aktiviert, dass sich speziell im Bereich Lernen und Wahrnehmung Gehirnstrukturen entwickeln.

Der letzte Mechanismus, der in Abbildung 11 aufscheint, steht direkt in Verbindung mit all den bereits genannten Mechanismen. Denn die durch Bewegung induzierte verbesserte

BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen

Vernetzung im Gehirn kann dazu führen, dass Ferneffekte entstehen und somit auch andere Bereiche im Gehirn aktiviert werden. Besonders betroffen sollen dabei die Verbindungen zwischen präfrontalem Kortex und Kleinhirn sein (Haberer, 2012, S. 75).

Ein anderer Ansatz, der eine weitere positive Auswirkung von Bewegung auf den Geist beschreibt, bezieht sich auf das Aktivationsniveau (Jasper, 2008, S. 24). Denn das Aktivationsniveau trägt einen beachtlichen Teil zur Leistungsfähigkeit eines Menschen bei.

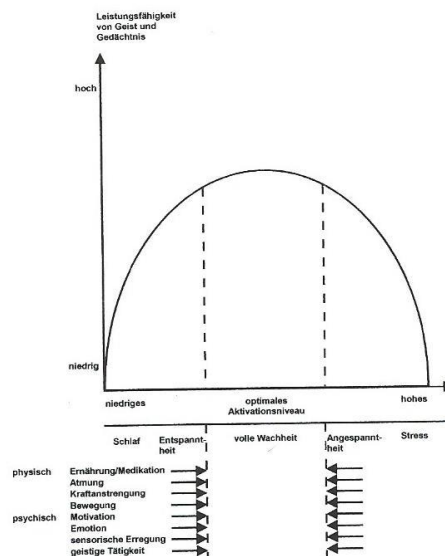


Abb. 13: Aktivationsniveau und Leistungsfähigkeit (Fischer, Bernd & Dickreiter, 1994, zit. n. Jasper, 2008, S. 24).

Wie in Abbildung 13 ersichtlich wird, ist der Mensch in voller Wachheit am leistungsfähigsten. Sowohl bei niedrigem als auch bei zu hohem Aktivationsniveau verringert sich die Leistungsfähigkeit wieder. Es gibt verschieden Wege, zum optimalen Aktivationsniveau zu kommen. Einer davon ist, Bewegung zu treiben. Denn körperliche Aktivität wirkt als Aktivations-Optimierer. Durch Bewegung steigt das Aktivationsniveau an und in Ruhe fällt es wieder ab. Daraus lässt schließen, dass bei körperlicher Aktivität der Mensch eine bessere geistige Leistungsfähigkeit erbringen kann. Jasper (2008, S. 25) empfiehlt daher folgende körperliche Aktivitäten:

- Gleichgewichtsübungen eignen sich besonders, die Wachheit zu fördern und erhöhen somit das Aktivationsniveau.
- Um Angespanntheit, Stress und daher ein zu hohes Aktivationsniveau zu vermeiden, können Entspannungstechniken durch spezielle Bewegungen sinnvoll sein.
- Konditionstraining hilft, ein optimales Aktivationsniveau im Alltag zu erhalten. Durch spezielles Training können Alltagsanforderungen, wie das Tragen von Einkäufen oder

das Risiko zu erkranken. Ein Beispiel dazu: Körperliche Aktivität vermindert die Gefahr, Bluthochdruck oder Insulinresistenz zu entwickeln. Beide gelten als Faktoren, die den kognitiven Abbau im Gehirn fördern. Eine weitere Begleiterscheinung von Bewegung ist, Entzündungen zu hemmen und gleichzeitig das Immunsystem zu stärken. Wie Cotman et al. (2007, S.469) unterstreichen, beeinträchtigen Entzündungen die Wachstumsfaktoren, was abermals in kognitivem Abbau resultieren kann. Zusammenfassend kann festgestellt werden: Bewegung fördert die Funktionsweise der Wachstumsfaktoren und reduziert zusätzlich das Gesundheitsrisiko. Dadurch trägt das Gehirn weniger Faktoren mit sich, die den kognitiven Abbau auslösen oder erhöhen. Dies wiederum wirkt präventiv gegen kognitive Erkrankungen wie Alzheimer oder Parkinson (Cotman et al., 2007, S. 469).

3.4 Das „Geheimrezept“ von körperlicher Aktivität

Nachdem sämtliche positive Wirkungen von Bewegung auf den menschlichen Geist ausführlich geklärt wurden, stellt sich die Frage: Welches „Geheimrezept“ hat körperliche Aktivität, dass sie zu dieser übermäßigen Effektivität gelangt?

Beck (2014, S. 44) liefert eine Erklärung für dieses Phänomen. Er behauptet, dass durch Bewegung eine außerordentliche Verarbeitungstiefe im Gehirn erreicht werden kann, wie es sonst nicht möglich ist. Schließlich ist die Verarbeitungstiefe dafür verantwortlich, wie viele Neuronen oder Synapsen bei einer Informationsdurchführung beschäftigt werden.

Der Hirnforscher Spitzer (2012, S. 39-40) liefert zu Becks These den Beweis. Er führte eine Studie mit Studenten durch, mit dem Ziel, neue Objekte zu lernen. Wichtig war, dass die Studenten diese Objekte zuvor noch nicht kannten. Daher wurden neue, noch nicht zuvor existierende Objekte (*nobjects*) kreiert. Die Teilnehmer an der Studie wurden in zwei Gruppen geteilt. Einer Gruppe wurden die *nobjects* nur mit Namen gezeigt, mit der Aufgabe, diese durch Zeigen und Benennen zu erlernen und zu identifizieren. Der zweiten Gruppe hingegen wurde für jedes *nobject*, das sie lernen mussten, eine Bewegung zugeteilt. Diese mussten die Studenten dann während des Lernprozesses stets durchführen. Beide Gruppen erhielten gleich viel Zeit zum Lernen. Der Unterschied zwischen den Gruppen lag nur in den zwei verschiedenen Arten des Erlernens.

Nachdem die Studenten die Objekte erlernt hatten, wurden ihnen Fragen gestellt. Sie sollten die Objekte in Kategorien unterteilen. Die 64 *nobjects* wurden nämlich in acht Kategorien gesplittet, die sie mitlernen mussten. Das Gefinkelte an den Fragen war, dass sie den Studenten bei der Fragestellung nach der Kategorie einmal die Bilder der *nobjects* zeigten und beim anderen Mal nur die Namen des Objektes nannten, ohne die Bilder zu zeigen. Bei der

Frage nach der Kategorisierung mit dem reinen Nennen des Namens konnten bei den Studenten große Schwierigkeit festgestellt werden. Diese mussten nämlich zuerst mit der einzigen Information des Namens das Objekt im Kopf ausmachen und dieses dann noch einer Kategorie zuordnen. Bei Messungen der Reaktionszeit stellte Spitzer (2012, S. 40) fest, dass die Reaktionszeit mit Hilfe der Bilder deutlich kürzer war als beim bloßen Nennen der Wörter.

Eine weitere essenzielle Einsicht gewann der Forscher beim Vergleich der zwei Gruppen: Die Gruppe, die mit Bewegungen, also mit Hilfe der Motorik die objects erlernte, war um mehr als eine Sekunde schneller beim Kategorisieren als die Gruppe, die nur durch Zeigen und Benennen lernte. Spitzer (2012, S. 40) hebt hervor, dass physiologisch gesehen, mehr als eine Sekunde Unterschied zwischen den zwei beiden Gruppen einen immensen Unterschied macht. Aus dieser Studie kann man die Kenntnis ziehen, dass beim Lernen mit Bewegung ein bedeutender Effekt entsteht, der beim Lernen ohne motorischer Unterstützung nicht stattfindet.

In Spitzers Forschung nach dem Grund für diesen Unterschied kommt er auf eine äußerst interessante Lösung, die wiederum mit Becks These Einklang findet. In Spitzers (2012, S. 41) Tests nach der Studie konnte festgestellt werden, dass bei den Studenten, die mit Bewegung, also mit Motorik, gelernt hatten, wenige Millisekunden nach der Fragestellung deutlich mehr im Frontalhirn passierte als bei jenen ohne Motorik. Anders ausgedrückt: Beim Lernen, bei dem motorische Bewegungen inkludiert ist, wird die Motorik mitrekrutiert. Dies hat zur Folge, dass man später besser über das Gelernte nachdenken kann. Spitzer (2012, S. 41) betont ausdrücklich, dass der Effekt des Lernens mit Motorik von großer Bedeutung ist, da es deutlich mehr Hirnaktivität erbringt, was schließlich dafür entscheidend ist, ob man sich an Gelerntes gut erinnern kann oder eben nicht.

Um das alles zu untermalen, erläutert Spitzer (2012, S.41) noch ein weiteres überzeugendes Beispiel einer seiner Studien. Diesmal handelt es sich um Schüler einer siebten und neunten Gymnasiumklasse, die Lateinvokabeln lernen mussten. Auch hier gab es pro Klasse zwei Gruppen. Eine Gruppe in beiden Klassen lernte die Vokabeln in der Schulklasse durch reines Sitzen, die andere Gruppe in beiden Klassen führten Bewegungen während des Vokabellernens durch. Es wurden Vokabeltests nach einer Woche, nach drei, sechs, sieben, dreizehn und vierzehn Wochen abgehalten. Der Unterschied zwischen den „bewegten“ und den „nichtbewegten“ Gruppen war immens. Nach sechs Wochen konnten die „bewegten“ Schülergruppen noch siebzehn Vokabeln wiedergeben, wohingegen die „nichtbewegten“ Gruppen sich nur an drei erinnerten.

In Becks (2014, 44-45) Erklärungen für seine und auch Spitzers These gibt er bekannt, dass körperliche Bewegung diese spezielle Verarbeitungstiefe regelrecht vom Gehirn einfordert.

Denn um eine ganze Bewegungssequenz beim Tanzen zu erlernen, muss der Geist fähig sein, sich eine Reihenfolge von Tanzschritten zu merken, diese rhythmisch der Musik anzupassen und zusätzlich den Bewegungsanweisungen des Trainers Folge leisten. Die kognitiven Leistungen, die hierbei gebraucht werden, benötigen eine besonders hohe Konzentration, um sich richtig mit der Bewegung auseinanderzusetzen. In Teamsportarten (Volleyball, Fußball) müssen die Sportler zusätzlich zu ihren Bewegungen noch Rücksicht auf den Gegner nehmen. Bedenkt man all diese komplexen Bewegungen und Prozesse, die simultan ablaufen, klingt es nur plausibel, dass gerade beim Sporttreiben eine andere Verarbeitungstiefe des Gehirns aufgebracht wird als bei simplen Alltagstätigkeiten.

3.5 BrainSport im Kindes-und Jugendalter (5-17 Jahren)

Meine Forschungsfrage: Haben körperliche Aktivitäten einen essenziellen Einfluss auf die Entwicklung kognitiver Funktionen im Kindes- und Jugendalter (5-17 Jahren), kann nun bis zu einem gewissen Grad bejaht werden. Bisweilen hat meine Forschungsarbeit gezeigt, dass Bewegung zu bedeutenden Veränderungen im Gehirn führt, welche weitergehend die geistige Leistung und die kognitiven Funktionen (Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Gedächtnisleistung und analytische Denken) steigern. Daher kann die Annahme, dass körperliche Aktivitäten die Entwicklung kognitiver Funktionen positiv beeinflussen, bestätigt werden. Hinsichtlich der Spezifizierung bezüglich der Gedächtnisleistung und Lerneffektivität im Kindes- und Jugendalter, steht eine genauere Bearbeitung noch aus.

In den letzten Jahren gab es eine Vielzahl von Studien, die sich genau mit dieser Thematik beschäftigten und die daher einige Untersuchungen in Institutionen durchführten, welche einerseits die gefragte Altersgruppe aufweisen und andererseits in den Testbereichen Sport und Kognition die benötigten Voraussetzungen erfüllen. Der beste Ort dafür ergab sich offensichtlich in öffentlichen Institutionen wie Kindergärten und Schulen. Eine beliebte Weise, den Zusammenhang zwischen „Sport und Geist“ zu erheben fand sich in Messungen akademischer Leistungen. Ein schlichter Grund dafür scheint in der Ökonomie des Testverfahrens zu liegen. Denn durch standardisierte akademische Tests können relativ schnell Daten von hoher Quantität gesammelt und ausgewertet werden. Einen anderen Grund für die Wahl von Testungen der Schulleistungen geben Hillman und Schott (2013, S. 34). Sie argumentieren, dass von Resultaten, die gesteigerte schulische Leistungen bei körperlich fitteren Kindern zeigen, sehr wohl auf einen Zusammenhang zwischen Bewegung und Kognition in dieser Altersgruppe geschlossen werden kann.

Im folgenden Teil werden daher sämtliche Studien präsentiert, die Einsicht auf meine Forschungsfrage über den Zusammenhang von körperlicher Aktivität auf die kognitive Entwicklung von Kindern- und Jugendlichen bringen sollen.

Studie 1: Castelli, Hillmann, Buck und Erwin (2007): Der Zusammenhang körperlicher Fitness und schulischer Leistung bei Volksschulkindern.

Ziel der Studie war, den Zusammenhang körperlicher Fitness und schulischer Leistungen von Volksschulkindern (3. und 5. Klasse) zu überprüfen. Dafür wurde ein Schuldistrikt in einer mittelgroßen Stadt in der USA gewählt, welches elf öffentliche Volksschulen aufweist. Für die weitere Selektion der Schulen verwendeten die Forscher die *Illinois School Report Card*. Diese stellt nämlich einen repräsentativen Vergleich der Schulen dar. Bei der Report Card werden von allen in Frage kommenden Schulen die schulischen Leistungen ihrer Schüler mit Berücksichtigung von sozioökonomischen Einflussfaktoren, wie soziales Umfeld, ethnische Herkunft und Armutsindex erfasst. Mit Hilfe der School Report Cards fiel die Wahl auf vier der elf Schulen. Zwei davon galten laut Report Cards als erfolgreiche Schulen, da 76,3% der Schüler in Mathematik und 86,4% in den Lesefertigkeiten die Standards erfüllten oder sogar übertrafen. Im Gegensatz dazu hatten die zwei anderen ausgewählten Schulen das schwache Ergebnis, dass nur 46,2% aller Schüler in Mathematik und 40,4% in den Lesefertigkeiten dem Standard entsprachen. Ein entscheidender Faktor für die Studie war, dass trotz dieser sozioökonomischen Variabilität alle Schüler im Schuldistrikt dieselbe Stundenanzahl an Bewegung im Schulalltag erhielten. Letztendlich wurden von den vier Schulen 259 Schüler der 3. und 5. Klasse ausgewählt, die einen fünfstufigen Fitnessprogrammtest und einen aus zwei Teilbereichen bestehenden standardisierten Leistungstest ablegten. Der Fitnessstest bestand aus einem Ausdaueranteil (PACER- progressive aerobic cardiovascular endurance run), einem muskulären Kraftteil (Liegestütz, crunches), einem Beweglichkeitsteil (sit and reach test) und einem Teil der die Körperzusammensetzung (BMI) mittels Größe und Gewicht berechnete. All diese Messungen wurden im Sportunterricht durchgeführt. Der standardisierte Leistungstest (ISAT- Illinois Standards Achievement Test), der aus Multiple Choice Fragen und einem erweiterten offenen Beantwortungsteil für die Bereiche Mathematik und Lesefertigkeit bestand, wurde in einem fünf-tägigen Verfahren getestet.

Die Untersuchungen bestätigten, dass körperliche Fitness mit den Schulleistungen von Volksschulkindern eine positive Korrelation aufweist. Die Kinder mit höherem Fitnesslevel erreichten bessere Ergebnisse in den standardisierten Testverfahren als die Kinder mit geringerem. Genauer betrachtet gaben die Ergebnisse der Studie Aufschluss, dass bei Schülern mit geringerem BMI und stärkeren Ausdauerleistungen ein besseres Testungsergebnis

in den allgemeinen Schulleistungen festgestellt werden konnte. Dasselbe wurde auch bei den Einzelergebnissen bezüglich der mathematischen Fähigkeiten sowie der Lesefertigkeiten sichtbar. In beiden Teilbereichen schnitten Schüler mit geringem BMI und guter Ausdauer besser ab. Interessanterweise konnte jedoch kein Zusammenhang zwischen den körperlichen Komponenten der Muskelkraft und der Beweglichkeit und der schulischen Leistung gefunden werden. Eine weitere essenzielle Einsicht konnte die Studie betreffend der großen sozioökonomischen Variabilität zwischen den vier Schulen bringen. Denn der Zusammenhang zwischen körperlicher Fitness und besserer schulischer Leistungen konnte in all den vier Testschulen nachgewiesen werden, unabhängig von den Variablen der Herkunft, des sozialen Umfelds, des Alters, etc.

Studie 2: Hollar, Lombardo, Lopez-Mitnik, Hollar, Almon, Agatston und Messiah (2010): Die Auswirkung eines zweijährigen Adipositas-Vorsorge- Programmes bei Volksschulkindern.

The Healthier Options for Public Schoolchildren (HOPS) program ist ein zweijähriges Adipositas-Vorsorge-Programm, das an Volksschulen in Florida von Hollar et al. (2010) eingeführt und getestet wurde. Das Ziel des Programmes war, den Anteil von fettleibigen Kindern im Alter von 6-12 Jahren zu reduzieren und dadurch ihre allgemeine Gesundheit sowie ihre Schulleistungen zu verbessern. Um dies auch erreichen zu können, entwickelten die Forscher multiple Strategien, die für eine richtige Umsetzung des Programmes notwendig waren. Letztendlich bestand das HOPS-Programm aus einem geregelten Ernährungsplan, der ausgewogenes, nährreiches Essen für die Kinder während der Schulzeit beinhaltete, einem Lehrplan für Kinder, Eltern und Lehrer, der sie über richtige Ernährung, einem gesunden Lebensstil und angemessene körperliche Aktivitäten informierte, einem größeren Anteil an körperlicher Bewegung während der Schulzeit, und allgemeinen schulischen Aktivitäten, die das Wohlbefinden der Schüler förderten.

Es wurden demographische, anthropometrische und physiologische Daten sowohl am Beginn der Studie als auch jeweils im Herbst und im Frühling innerhalb der zwei Jahre gesammelt. Zudem gab es Tests, die die Schulleistung eruierten. Hierfür wurde der Florida Comprehensive Achievement Test (FCAT) verwendet. Der FCAT ist mit dem Test der vorherigen Studie – dem ISAT vergleichbar, da auch er mathematische Kenntnisse und Lesefertigkeiten abfragt. Bei der Datenanalyse wurden die vier Schulen im Vergleich zu einer anderen Kontrollschule überprüft. Zusätzlich gab es eine Unterteilung in den Analysen. Es wurde eine Gesamtanalyse betreffend aller Teilnehmer gemacht und eine Teilanalyse, die sich ausschließlich auf Teilnehmer mit einem geringen elterlichen Einkommen spezialisierte.

BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen

Die Gesamtanalyse zeigte, dass bereits im ersten Jahr eine Reduktion des BMI in der HOPS-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe festgestellt werden konnte. Statistisch signifikante Ergebnisse den BMI betreffend ergaben sich dann jedoch erst bei den Messungen im zweiten Jahr. Alles in allem konnte eine kontinuierliche Verbesserung betreffend des Körpergewichts der HOPS-Schülergruppe in den gesamten zwei Jahren erzielt werden.

Die Teilanalyse untersuchte die Schulleistungen der selektierten HOPS-Gruppe. Diese Testgruppe setzte sich aus 1197 Schülern zusammen, welche aufgrund ihres finanziellen Hintergrunds Unterstützung vom Staat bekamen. Bei den Testungen wurde diese Gruppe erneut unterteilt, nämlich nach ihrer ethnischen Herkunft, sodass die Gruppe letztendlich 68% Hispanoamerikaner, 9% Afro-Amerikaner, 15% Weiße und 8% anderer Ethnien aufwies. Messungen vor der Einführung des HOPS-Programmes zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen den ethnischen Gruppierungen betreffend der FCAT Leistungen. Dies änderte sich allerdings mit der Einführung des Programms. Denn nach Einführung des Programmes ließ sich in den Ergebnissen der hispanoamerikanischen und der weißen Kinder eine signifikante Steigerung ihren FCAT Mathematikergebnis erkennen. Darüber hinaus brachte ein Vergleich zwischen den HOPS Kindern und der Kontrollgruppe die Erkenntnis, dass obwohl es statistisch in einem nicht signifikanten Bereich lag, die HOPS Kinder ein allgemein höheres Leistungsniveau betreffend ihrer Lesefertigkeit in beiden Jahren aufwiesen.

Hollar et al. (2010, S. 102) fassen zusammen, dass ihr Vorsorgeprogramm signifikante Verbesserungen sowohl das Körpergewicht als auch die akademische Leistung der Volksschulkinder betreffend erreichen konnte. Ihre Studie konnte überzeugend zeigen, wie wichtig die Unterstützung der Schule für einen gesunden Lebensstil ist. Durch das Programm lernten Schüler, Eltern und auch Lehrer über die Bedeutung einer gesunden und ausgewogenen Ernährung sowie über die Wichtigkeit von angebrachter Bewegung.

Rückführend auf diese Arbeit ist diese Studie insofern kritisch zu betrachten, da die Schulleistungen der Schüler nicht ausschließlich durch körperliche Aktivität beeinflusst wurden. Da das HOPS Programm aus mehreren Interventionsstrategien besteht, ist es essenziell zu verstehen, dass ein Zusammenspiel all dieser Strategien zu den genannten Resultaten führte. Unter Berücksichtigung dieser Komponente kann diese Studie trotzdem als gutes Beispiel dienen, die Möglichkeiten der schulischen Instanz auf die Lebensweise der Kinder aufzuzeigen. Mit dem richtigen Einsatz der Schule können Kinder, Eltern und Lehrer zu richtiger Ernährung, ausreichender Bewegung und daher zu einem allgemein gesundheitsfördernden Lebensstil gelangen. Wie die Studie zeigt, kann die Institution Schule mit einem positiven Einfluss auf den Schulerfolg der betreffenden Schüler argumentieren.

Studie 3: Pellicer-Chenoll, Garcia-Massó, Morales, Serra-Añó, Solana-Tramunt, González und Toca-Herrera (2014): Der visuelle Beweis des Einflusses körperlicher Aktivität auf die akademischen Leistungen.

Die Autoren dieser Studie sind von dem positiven Einfluss von Bewegung auf den jungen menschlichen Körper und seinen Geist zweifellos überzeugt. Sie verweisen auf zahlreiche Studien, die deutlich zeigen, dass bei sportlich aktiven Schülern, die eine bessere körperliche Fitness aufweisen, auch höhere akademische Leistungen sichtbar sind. Leistungssteigerungen werden besonders in Mathematik sowie in den Sprachfächern und den Naturwissenschaften ersichtlich, wobei die meisten Studien die größte Korrelation zwischen Bewegung und Mathematik finden. Da es ungeachtet dessen sehr kontroverse Auffassungen zu diesem Thema gibt, ist das Ziel dieser Studie, mittels einer visuellen Analyse den Zusammenhang zwischen körperlicher Bewegung und den akademischen Leistungen anschaulicher zusammenzufassen. Daher wurden von 444 Oberstufenschülern im Alter von 14 Jahren die körperliche Aktivität, die körperliche Fitness, die Körperzusammensetzung und die akademischen Leistungen über einen Zeitraum von vier Jahren untersucht. Für die Auswahl der Testschulen wurden von all den Sekundarschulen aus Barcelona Schulen mit ähnlichen sozialen, ökonomischen und demographischen Charakteren kontaktiert. Fünf Schulen davon erklärten sich bereit, bei der Studie mitzumachen. Eine weitere wichtige Komponente der Studie war, dass die Schulen in Katalonien einem einheitlichen Lehrplan folgen. Dazu wurden die Lehrer und ihre akademische Laufbahnen verglichen, sodass alle Schüler ähnlichen Gegebenheiten ausgesetzt waren.

Wie bereits oben erwähnt, bestanden die Messungen aus fünf Bereichen: Für die akademischen Leistungen wurde der *GPA* verwendet. Dieser ist ein Durchschnittswert und setzt sich aus zehn akademischen Themengebieten zusammen, die jedes Jahr in den Sekundarschulen getestet werden. Der *GPA* reicht von null (schlechteste Wertung) bis zehn (beste Wertung). Um ein akademisches Themengebiet zu bestehen, ist mindestens eine Fünf notwendig. Für eine Erhebung des Status quo wurde auch am Beginn der Studie der *GPA* gemessen. Hierbei konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Schulen festgestellt werden. Um über die grundsätzliche körperliche Aktivität der Schüler zu erfahren, wurde ein qualitativer Fragebogen (*International Physical Activity Questionnaire*) ausgewählt. Die Resultate wurden anschließend in *METs* Einheiten eingeteilt. Dadurch konnte die körperliche Aktivität der Schüler über deren Stoffwechselverbrauch (*METs*) genau angegeben werden. Die Körperzusammensetzung wurde schlicht mittels *BMI* bemessen. Die körperliche Fitness wurde erneut aus drei Teilbereichen eruiert. Dazu zählten die Sprungkraft, die aerobe Kraft sowie die isometrische Kraft. Für die Sprungkraft mussten die Schüler *Countermovement Jumps* ausführen. Von zwei gemessenen *Jumps* wurde der beste gewertet. Für die Messung der aeroben Kraft

wurde der Cooper Test verwendet und für die isometrische Kraft der isometrische Handgriff Test.

Das Besondere an der Studie betrifft die Datenauswertung, welche über SOM - auch self-organizing map oder selbstorganisierende Karte genannt, erfolgte. Dieses System ermöglicht, die entnommenen Daten in Signale umzuwandeln, welche dann in zweidimensionalen Karten angezeigt werden. Dadurch werden Daten topologisch in den Karten angeordnet, wodurch Ähnlichkeiten oder auch Unterschiede zwischen den Testpersonen repräsentativ veranschaulicht werden. Aus diesem Grund eignet sich diese Art der Datenanalyse besonders für die Klassifikation von Zusammenhängen in verschiedenen Variablen. Zudem können auch Änderungen, die innerhalb der unterschiedlichen Testperioden entstehen, angezeigt werden. Eine wichtige Komponente dieser Datenanalyse ist, dass jede Testperson ein eigenes Identifikationskennzeichen erhält. In dieser Studie gab es eine Datenmatrix von 1776 Kennzeichen, da jeder Testperson für jedes Jahr (444 x 4 Jahre) ein eigenes Kennzeichen zugeordnet worden ist. Wurden alle Daten gemessen, teilt das SOM System den Testpersonen bestimmten Neuronen zu. Testpersonen mit sehr ähnlichen Werten befinden sich im selben Neuron, wohingegen sich Testpersonen mit konträren Werten in anderen distanzierteren Neuronen befinden. Mit diesem System entstehen schließlich die zweidimensionalen Karten, die die Wertungen visuell darstellen.

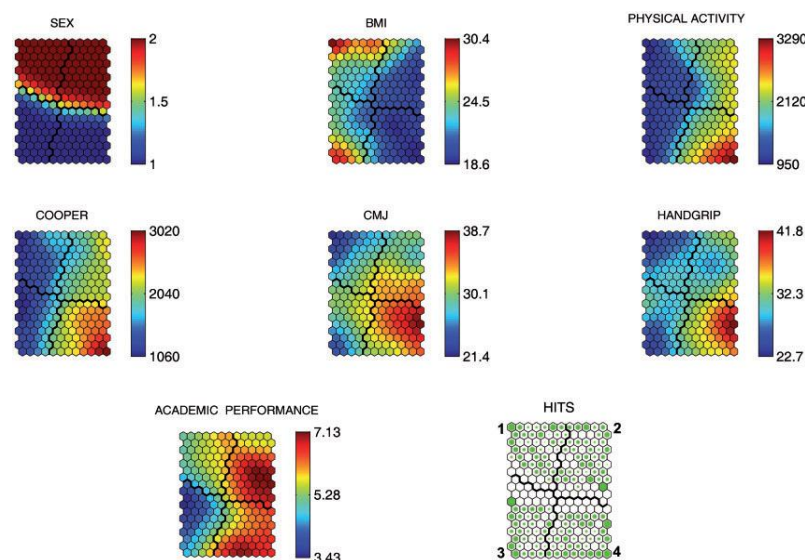


Abb. 15: Karte der entnommenen Werte (Pellicer-Chenoll et al., 2014, S. 440).

Die SOM Auswertung der Daten kann Abbildung 15 entnommen werden. Die Hit-Karte repräsentiert die Zuordnung der Teilnehmer zu den Neuronen. Die meisten Teilnehmer der Studie befinden sich am Rand der Karte. In der Mitte sind einige Neuronen unbesetzt. Weiters ist in der Hit-Karte eine Unterteilung zwischen vier Bereichen erkennbar. Die Bereiche 1 und

3 stehen für schwache akademische Leistung und die Bereiche 2 und 4 für hohe akademische Leistungen. Die restlichen Karten in der Abbildung geben Einblick in die einzelnen Testwerte, die von den Teilnehmern in den verschiedenen Neuronen erreicht worden sind. Jedes Testgebiet hat eine eigene Wertungskarte. Die erste Karte links unterteilt die Teilnehmer nach dem Geschlecht, wobei die Mädchen oben und die Buben unten auf der Karte lokalisiert sind.

Allgemein lassen sich die Gesamtergebnisse in zwei Profile aufteilen, mit kleinen Unterschieden zwischen den Wertungen bei Buben und Mädchen. Das erste Profil setzt sich aus der linken Seite der Karten mit den Bereichen 1 und 3 zusammen. In diesen Bereichen hatte die Mehrzahl der Jugendlichen einen BMI >23 und wiesen einen geringen Stoffwechselverbrauch aufgrund ihrer körperlichen Aktivität ($\sim 1000 \text{ METs week}^{-1}$) auf. Weiters erbrachten die Schüler in diesen Bereichen eine geringere akademische Leistung, sodass sie mindestens ein Themengebiet negativ abschlossen. Auch betreffend der körperlichen Fitness (Countermovement Jump, Coopertest, Handgrifftest) erzielte der Großteil der Testpersonen nur niedrige Ergebnisse. Bezüglich der kleinen Unterschiede zwischen Buben und Mädchen erreichten die Mädchen in dem Profil bessere akademische Leistungen als die Buben, trotz höherer BMIs und geringerer Fitness.

Das andere Profil hingegen, welches die Bereiche 2 und 4 beschreibt, umfasste die Schüler mit besseren Schulleistungen. Zudem konnte man bei den Schülern einen geringen BMI von <21 und einen hohen Stoffwechselverbrauch ($>2000 \text{ METs Woche}^{-1}$) feststellen. Auch in der körperlichen Fitness erbrachten sie hohe Leistungen in all den drei Tests.

Zu den Ergebnissen der Hauptauswertung wurde noch eine zusätzliche Analyse durchgeführt. Diese betrifft die Teilnahme der Schüler an körperlichen Aktivitäten.

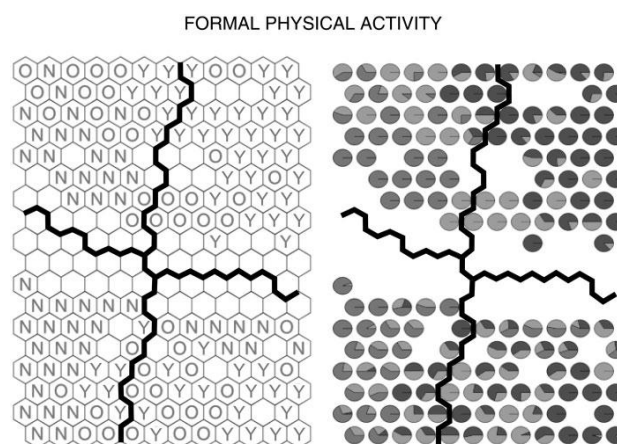


Abb. 16: Physikalische Aktivität der Schüler (Pellicer-Chenoll et al., 2014, S. 442).

Die Ergebnisse der Zusatzwertung können Abbildung 16 gut entnommen werden. Auf der

rechten Seite der Abbildung, in den Bereichen 2 und 4, welche für höhere akademische Leistungen stehen, befindet sich der Großteil der Schüler, die sich regelmäßig (Y) oder gelegentlich (O) bewegen. Dies wird durch die Grauschattierungen repräsentiert. Dunkelgrau steht für regelmäßiges, hellgrau für gelegentliches und grau schließlich für kein Sporttreiben. Im Gegensatz dazu, zeigen die Schattierungen auf der linken Seite, in der die Schüler mit niedrigen akademischen Leistungen zusammengefasst sind, deutlich, dass der Großteil angegeben hat, nicht (N) oder nur gelegentlich (O) körperlich aktiv zu sein.

Eine weitere äußerst wichtige Erkenntnis, die durch diese Studie gewonnen werden konnte, befasst sich mit dem Sportverhalten der Schüler über den gesamten Zeitraum ihrer Oberstufenschulausbildung. Da die Studie über einen Zeitraum von vier Jahren die gleichen Testpersonen untersucht hat, konnte man auch hier zu interessanten Schlüssen kommen. Manche Testpersonen, die sich in den Bereichen 1 und 3 aufhielten, gelangen letztendlich im vierten Jahr auf die gegenüberliegende „positive“ Seite. Genauer gesagt, 36 Mädchen, also 27,9% aus dem Bereich 1, bewegten sich in den Bereich 2. Auch bei den Buben konnte ein ähnliches Verhalten festgestellt werden. Denn auch hier sind 23 Buben, also 21,2% aus dem Bereich 3 zu Bereich 4 gewechselt. Hingegen gab es keinen Wechsel von Schülern aus den Bereichen 2 und 4 zu den schwächeren Bereichen 1 und 3. Kurz gesagt: Schülern mit besserer Schulleistung und guter körperlicher Fitness gelang es, die Ergebnisse beizubehalten. Abbildung 17 dient zur Veranschaulichung dieser Ergebnisse.



Abb. 17: Veränderungen in den vier Jahren (Pellicer-Chenoll et al., 2014, S. 444).

Ein Blick auf die Abbildung, reicht um zu sehen, dass die Linien nur von der linken Seite in den Bereichen 1 und 3 auf die gegenüberliegende Seite reichen. Die rechte Seite, mit Bereichen 2 und 4 bleibt konstant.

Zusammenfassend muss festgehalten werden, dass diese Studie die Entwicklung von zwei Profilen beobachten konnte, eines mit niedrigen und eines mit hohen akademischen Leistungen. Die Datenauswertung demonstrierte, dass die niedrigeren Leistungsbereiche Schüler mit schlechter körperlicher Fitness und einem hohen BMI aufwiesen, wohingegen die hohe Leistungsgruppe Schüler mit guter körperlicher Fitness und einem geringen BMI beinhaltete. Weiters zeigten sich Änderungen bei den schwächeren Schülern zwischen ihrem ersten Oberstufenjahr und ihrem letzten, denn ungefähr 25% der herkömmlich schwächeren Schüler haben es in den positiven hohen Leistungsbereich geschafft. Die Autoren (2014, S. 443) sehen die Ursache für die Änderungen in der schwächeren Leistungsgruppe in ihrem Interventionsprogramm. Denn während der vier Jahre der Untersuchungen wurde auch ein zusätzliches Interventionsprogramm von Seiten der Forscher eingeführt. Diese positive Entwicklung durch das Interventionsprogramm ist erneut ein Beispiel dafür, welche essenzielle Rolle die Schule bei Schülern spielt. Denn die richtige Intervention und Einstellung der Schule kann die Schüler entscheidend beeinflussen.

Studie 4: Sibley und Etnier (2003): Die überzeugende Zusammenfassung der Wirkung körperlicher Aktivität auf die kognitiven Funktionen bei Kindern und Jugendlichen.

Um die einzeln dargelegten Studien mit ihren äußerst positiven Ergebnissen bezüglich des Zusammenhanges zwischen körperlicher Aktivität und der kognitiven Funktionen im Kindes und Jugendalter nochmals zu untermalen, erweist sich die Meta-Analyse von Sibley und Etnier als äußerst hilfreich. Diese besteht aus einer quantitativen Zusammenfassung zahlreicher Resultate von verschiedenen Studien, die sich genau mit dieser Thematik beschäftigten. Dazu entnahmen die Forscher über Computer Suchfunktionen unterschiedlicher Datenbanken alle erdenkbaren englischsprachigen Studien, die genau diesen Zusammenhang überprüften. Es kam zu einer Trefferquote von 118 Studien. 59 mussten jedoch wieder ausgeschlossen werden, da sie letztendlich gravierende Unterschiede in relevanten Variablen aufwiesen. Diese ließen sich zum Beispiel bei Vergleichen zwischen den Lehrplänen für den Sportunterricht oder der abhängigen Variablen der kognitiven Leistungen finden. 15 weitere mussten aufgrund ihrer nicht ausreichenden Daten aus der Studie entfernt werden, was dadurch die Berechnung der Effektstärke dieser Studien somit unmöglich machte. Die Effektstärke bemisst die Stärke des Zusammenhanges und bildet somit den essenziellsten Teil der Untersuchung einer Meta-Analyse. Schlussendlich ergaben sich 44 Studien mit 125 Effektgrößen, die in der Analyse inkludiert und ausgewertet werden konnten.

Nach der Auswahl der Studien wurde für jede Studie die Effektstärke berechnet. Zusätzlich wurden die Studien abhängig bestimmter Charaktere kodiert, sodass potenzielle Moderato-

BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen

ren untersucht werden konnten. Diese Charaktere setzten sich aus dem Studiendesign, den Teilnehmern, den sportlichen Aktivitäten und den kognitiven Testungen zusammen. Jede dieser Moderatoren-Variablen erhielt einen Durchschnittseffektstärkenwert. Damit sollten die Effektstärken der Studien auf ihre Homogenität geprüft werden. Stellte sich allerdings ein heterogenes Ergebnis heraus, bestand die Möglichkeit die Moderatoren Variablen mittels der Aufteilung genauer zu untersuchen. Tabelle 1 veranschaulicht die Ergebnisse der Meta-Analyse.

Moderator Variable	Q_B	df	Level	ES	SD	n	p
Design and Descriptive Characteristics							
Experimental design	3.57	2	ns				
true experimental				0.29	0.24	48	*
quasi-experimental				0.37	0.45	22	*
correlational/cross-sectional				0.35	0.24	37	*
Publication status	7.54	1	$p < .01$				
Published ^b				0.28	0.20	58	*
Unpublished ^a				0.38	0.33	49	*
Subject Characteristics							
Health status	1.93	2	ns				
healthy				0.31	0.25	83	*
mentally impaired				0.43	0.47	16	*
physically disabled				0.40	0.23	8	*
Age group	39.33	4	$p < .005$				
young elementary ^b				0.40	0.26	19	*
old elementary ^c				0.21	0.25	42	*
middle school ^a				0.48	0.27	24	*
high school ^c				0.24	0.19	14	*
wide range ^b				0.40	0.09	8	*
Activity Characteristics							
Activity design	2.49	2	ns				
chronic				0.29	0.25	45	*
acute				0.37	0.43	25	*
cross-sectional				0.35	0.24	37	*
<i>Chronic and acute interventions</i>							
Type of activity**	7.06	3	ns				
Resistance/circuit training				0.64	0.31	9	*
Perceptual-motor training				0.32	0.19	7	*
PE program				0.27	0.25	33	*
Aerobic				0.26	0.31	16	*
<i>Cross-sectional/Correlational studies</i>							
Activity assessment	3.27	1	ns				
Overall fitness				0.34	0.22	25	*
Motor ability				0.46	0.26	11	*
Moderator Variable	Q_B	df	Level	ES	SD	n	p
Cognitive Assessment							
Type of Assessment	17.51	7	$p < .025$				
perceptual skills ^a				0.49	0.12	5	*
other ^b				0.40	0.21	15	*
developmental level/academic readiness ^b				0.39	0.44	7	*
IQ ^c				0.34	0.28	21	*
achievement ^c				0.30	0.22	33	*
math tests ^d				0.20	0.31	7	*
verbal tests ^d				0.17	0.47	12	*
memory ^e				0.03	0.19	7	

Note: Variables with different superscripts are significantly different from one another by Tukey's-b, $p < .05$. *Differ from zero at $p < .05$; **physical games and passive exercise excluded due to small samples.

Tab. 1: Homogenitätstest und Post Hoc Analyse (Sibley und Etnier, 2003, S. 249-250).

Um die Qualität und Validität der Studien zu überprüfen, richtete sich eine Kodierung, die in Tabelle 1 aufgelistet ist, auf das Studiendesign. Dabei stellten sich drei verschiedene Designs (true, quasi und cross-sectional) heraus, die untersucht und verglichen wurden. Alle drei Studiendesigns zeigten eine signifikante Korrelation mit einer Effektstärke größer als Null. Trotzdem konnte kein signifikanter Unterschied der Effektstärken zwischen den Designs gefunden werden.

Für die Kodierung der Teilnehmer wurde zwischen ihrem Gesundheitsstatus und ihrem Alter differenziert. Es gab eine Klassifizierung von Gesunden, mental Erkrankten oder körperlich Behinderten, sowie eine Gruppierung von jungen Volksschulkindern (4-7 Jahren), älteren Volksschulkindern (8-10 Jahren), Mittelstufenschülern (11-13 Jahren) und Oberstufenschülern (14-18 Jahren). Die Meta-Analyse demonstrierte bei den Moderatoren des Gesundheitsstatus der Teilnehmer, dass alle signifikant größer als Null waren. Es konnte allerdings auch hier kein signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Gesundheitsklassifizierungen gefunden werden. Die Meta-Analyse wies jedoch beim Vergleich der Teilnehmer bezüglich ihres Alters signifikante Unterschiede in den Effektstärken auf. Denn der größte Effekt wurde bei den Mittelstufenschülern erkennbar, gefolgt von den jüngeren Volksschulkindern. Der kleinste Effekt wurde demnach bei den älteren Volksschulkindern und Oberstufenschülern gefunden.

Bei der Untersuchung der verschiedenen körperlichen Aktivitäten, die die Studien bei der Umsetzung einsetzten, waren alle Bewegungsinterventionen signifikant größer als Null. Abermals fanden die Forscher auch in dem Bereich keine signifikanten Unterschiede bei den durchschnittlichen Effektstärken zwischen chronischen, akuten oder korrelierenden Interventionen. Dies zeigte sich auch bei der Analyse der verschiedenen Arten der körperlichen Aktivitäten. In einem Vergleich von Zirkeltrainings, aeroben Bewegungen, Schulsportprogrammen und motorischen Trainings konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Aktivitäten gefunden werden.

Bei der letzten Moderatoren-Variablen, den kognitiven Testungen, waren alle Testverfahren außer dem Gedächtnistest signifikant größer als Null. Der größte Effekt konnte bei den Wahrnehmungstestungen lokalisiert werden. Testungen des IQ und der Schulleistungen hielten sich im Mittelfeld auf, wohingegen Mathematiktests und Sprachtests nur sehr geringe Effekte zeigten.

Abschließend berechneten Sibley und Etnier (2003) die gesamte signifikante Effektstärke der Studien, welche mit einem Ergebnis von 0,32 eine positive Korrelation zwischen körperlicher Aktivität von Kindern und Jugendlichen und der Entwicklung der Kognition beweist. Weiters untersuchten sie noch jene 15 Studien, die bei der Meta-Analyse aufgrund unzureichender

Daten für die Berechnung der Effektstärke ausgeschlossen worden waren. Bei 10 von 15 Studien konnten positive Effekte von körperlicher Aktivität auf die Kognitionen entnommen werden. Daraus schließen die Autoren, dass eine gewisse Konstanz betreffend dieser Thematik in der Literatur besteht, die den positiven Zusammenhang von Bewegung auf die Entwicklung der kognitiven Funktionen unterstreicht. Zur Auswertung der Meta-Analyse und der nichtsignifikanten Ergebnisse betreffend der unterschiedlichen Studiendesigns, des verschiedenen Gesundheitsstatus der Teilnehmer und der Art der Bewegung, argumentieren Sibley und Etnier (2003, S. 251) rückblickend, dass auch bei den Null-Resultaten der positive Zusammenhang von körperlicher Aktivität auf die Kognitionen entnommen werden kann. Die Null-Resultate bedeuten nämlich, dass generell körperliche Aktivität für alle Teilnehmer, unabhängig vom Gesundheitsstatus und bei jeder Art der Bewegung, positive Wirkungen auf die kognitiven Prozesse hat.

Diese Behauptung kann speziell beim Vergleich der Studiendesigns verifiziert werden. Die nicht signifikanten Unterschiede in der Effektstärke zwischen den Designs bedeuten, dass die qualitativ stärkeren Studiendesigns (true-experimental) dieselben Ergebnisse wie die qualitativ schwächeren Designs (quasi-experimental, correlational) erreichten. Dies indiziert wiederum, dass die kausalen Schlussfolgerungen, die normalerweise nur bei starken Studiendesigns entnommen werden, auch hier bei den Schwächeren gültig gemacht werden können. Somit zeigte der nichtsignifikante Unterschied in den Effektstärken der jeweiligen Studiendesigns, die Kausalität auf, dass körperliche Aktivitäten eine positive Wirkung auf die Entwicklung von kognitiven Leistungen hat.

Bezugnehmend auf den Gesundheitsstatus der Teilnehmer trifft die Meta-Analyse auf konträre Ergebnisse im Vergleich zu anderen bisher bestehenden Forschungen. Wie Sibley und Etnier (2003, S. 251-252) hervorheben, besteht bislang in der Literatur die Auffassung, dass der positive Effekt von körperlicher Bewegung auf die kognitiven Funktionen nur bei gesunden Kindern besteht. Als starkes Gegenargument zu den Resultaten ihrer Meta-Analyse behaupten die Forscher, dass die bisher bestehenden Studien keine großen Stichproben aufweisen und daher statistisch gesehen wenig Aussagekraft haben. Im Gegensatz dazu erlaubt ihre Meta-Analyse eine statistische Kombination aus zahlreichen Ergebnissen und kann somit belegen, dass körperliche Aktivität genauso positive Wirkungen bei mental erkrankten oder körperlich behinderten Kindern mit sich bringt wie bei gesunden. Dieses Ergebnis unterstreicht erneut die äußerst wichtige Erkenntnis, dass Sport im Schulalltag für Kinder und Jugendliche eine essenzielle Bedeutung hat. Zudem zeigen die Resultate, dass Sport für Kinder mit mentalen Schwächen, wie den immer häufiger vorkommenden Lern- und Verhaltensstörungen, eine bedeutende Hilfe und Unterstützung in der Schule sein kann.

Das letzte Null-Resultat der Effektstärken der Moderatoren betrifft die Art der körperlichen Aktivität. Kurz gesagt, deutet dieses Ergebnis daraufhin, dass jede Art der Bewegung eine positive Wirkung auf die kognitiven Leistungen von Kindern und Jugendlichen hat. Welche Bewegung allerdings die größte Wirkung erzielt und daher besonders für die Förderung der kognitiven Funktionen geeignet ist, wird in diesem Fall nicht geklärt. Diese Frage wird nun abschließend im nächsten Kapitel behandelt, nachdem der positive Einfluss von körperlicher Aktivität auf die kognitiven Funktionen von Kindern und Jugendlichen ausführlich geklärt worden ist.

3.6 Die Wahl der körperlichen Aktivität

Zur körperlichen Ertüchtigung stehen uns Menschen verschiedenste Arten der Bewegungen zur Verfügung. Wie bereits an anderer Stelle erwähnt, lassen sich körperliche Aktivitäten in fünf motorischen Grundeigenschaften: Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit, Beweglichkeit und Koordination unterteilen. Zusätzlich sind der Trainingsumfang, die Intensität und die Trainingshäufigkeit weitere Faktoren, die beachtet werden müssen. Welche Art der körperlichen Bewegung nun speziell für eine positive Entwicklung der kognitiven Funktionen geeignet ist, scheint in der Literatur noch umstritten zu sein. In Sibley und Etniers (2003) Meta-Analyse konnte zwar der positive Effekt von Bewegung auf die kognitiven Funktionen demonstriert werden, dennoch zeigten die Ergebnisse auch, dass weitere Forschungen notwendig sind, um den Zusammenhang spezifischer Bewegungen auf das menschliche Gehirn zu untersuchen. Hillman und Schott (2013, S. 34) weisen daraufhin, dass in der Literatur eine Tendenz besteht, die aeroben Ausdauerleistungsfähigkeiten mit verbesserten Gehirnaktivitäten zu verbinden.

Buck, Hillman und Castelli (2005, S. 43) führten zu dieser Thematik eine Studie mit 67 Kindern (37 männlich, 30 weiblich) im Alter von 7-12 Jahren durch. In der Studie wurden die kognitiven Leistungen der Kinder mit Hilfe des Stroop-Tests², sowie ihre körperliche Fitness mittels eines Fitnessprogramms getestet. Die Kinder hatten die Aufgabe, die abhängigen Variablen des Stroop-Tests, welche aus Zahlenwörtern, Farben und einer Kombination von Farbenwörtern bestand, in 45 Sekunden zu lesen. Dabei wurde das Alter, das Geschlecht, der IQ, der BMI, der sozio-ökonomische Status und die aerobe Fitness jeder einzelnen Testperson bei der Auswertung miteinbezogen. Die Ergebnisse zeigten, dass das Alter, der IQ und die Fitness einen Zusammenhang mit einer besseren Leistung beim Stroop-Test in all

² Stroop Test: Der Stroop Test untersucht den mentalen Verarbeitungsprozess. Je nachdem wie bekannt eine Situation für die Testperson ist, desto schneller und leichter fällt es ihr eine Handlung einzuleiten. Dabei sind kognitive Leistungen, wie der Wahrnehmung, dem Gedächtnis und der Handlungsfähigkeit involviert. Wird die Testperson mit unbekannten Situationen konfrontiert, wird mehr Aufmerksamkeit benötigt und die Reaktionszeit sowie die Fehleranzahl steigen für gewöhnlich an.

den drei Kategorien des Tests aufwiesen. Zusätzlich konnten die Forscher bei all den Teilnehmern mit einer höheren aeroben Ausdauerleistung unabhängig von Alter, IQ und Geschlecht eine bessere Leistung beim Stroop-Test feststellen. Daraus schließen Buck, Hillman und Castelli (2005, S. 44), dass sich eine gesteigerte aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit generell positiv auf die Kognition von Kindern und Jugendlichen auswirkt.

Eine weitere überzeugende Studie, die die positive Wirkung vom aeroben Ausdauertraining auf die kognitiven Leistungen deutlich veranschaulicht, wurde von den Forschern Åberg et al. (2009) in Schweden durchgeführt. Dabei untersuchten sie alle schwedischen Männer, die zwischen 1950 und 1976 geboren wurden und im Alter von 18 Jahren dem Militär beitraten. Dadurch kamen die Autoren (2009, S. 20906) auf die beeindruckende Stichprobengröße von 1.221.727 Teilnehmer. Obwohl die Studie die Zielgruppe junger Erwachsener im Alter von 18 Jahren untersuchte und sich diese Arbeit auf die Zielgruppe von Kindern und Jugendlichen zwischen 5 und 17 Jahren fokussiert, sollte die Studie aufgrund der enormen Stichprobengröße genauer betrachtet werden. Sie lässt eine nur sehr geringe Abweichung der Alterskomponente zu.

Wie Åberg et al. (2009, S. 20906) hervorheben, gibt es bereits etliche Studien, die eine positive Korrelation zwischen einer guten kardiovaskulären Fitness und einer dadurch verbesserten kognitiven Leistung von älteren Menschen ermitteln konnten. Andere Studien konnten bereits bei Menschen mit einer ausgeprägten Ausdauerleistungsfähigkeit ein vergrößertes Volumen des Hippocampus und eine verbesserte Gedächtnisleistung nachweisen. Doch genauere Studien, die diesen Zusammenhang auf das Gehirn junger Menschen untersuchten, waren in der Literatur noch ausständig. Deshalb setzten sich die Autoren zum Ziel, den Zusammenhang zwischen sportlicher Aktivitäten und das junge Gehirn mit speziellem Fokus auf den Einfluss von kardiovaskulärer Fitness aber auch von muskulärer Kraft auf die kognitiven Leistung der jungen Zielgruppe zu überprüfen.

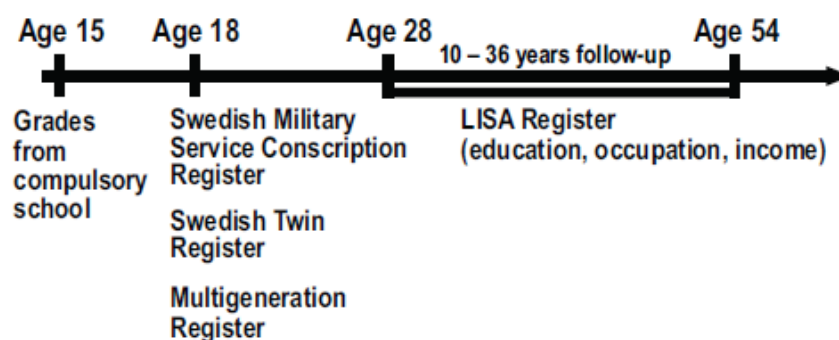


Abb. 18: Studiendesign (Åberg et al., 2009, S. 20907).

Abbildung 18 demonstriert das Studiendesign. Zur Datensammlung der Teilnehmer wurden die schulischen Leistungen der Testpersonen, als sie 15 Jahre alt waren, durch die Aufzeichnungen der schwedischen Schulbehörden entnommen. Weiters ermittelten diese familiäre Konstellationen mit speziellem Fokus auf die Brüderpaare unter den Teilnehmern, da diese höchstwahrscheinlich auch in die Studie fallen würden und somit die Möglichkeit bestand, Verbindungen oder Abweichungen ausfindig zu machen. Abschließend entnahmen sie auch Daten über den weiteren Werdegang der Teilnehmer und eruierten somit deren tertiäre Ausbildungen, berufliche Entwicklungen und das Einkommen in den darauffolgenden Jahren.

Die Resultate zeigten, dass kardiovaskuläre Fitness, jedoch nicht muskuläre Kraft bei den 18-jährigen Testpersonen in Zusammenhang mit den kognitiven Leistungen stehen.

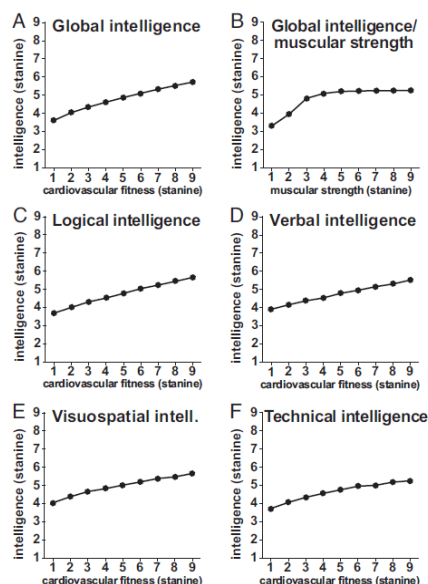


Abb. 19: Ergebnisse: Ausdauer und Kraft (Åberg et al., 2009, S. 20907).

Wie in Abbildung 19 veranschaulicht wird, konnte die Studie beweisen, dass jede Subkategorie (global intelligence, logical intelligence, verbal intelligence, visuospatial intelligence und technical intelligence) der Intelligenztestungen eine positive Korrelation mit den Ausdauerleistungen der Testpersonen aufwies. Eine höhere kardiovaskuläre Fitnessleistung korrelierte mit besseren kognitiven Resultaten. Anders ausgedrückt: Die Teilnehmer mit einer besseren Ausdauer schnitten in jeder einzelnen Intelligenztestungskategorie besser ab. Im Gegensatz dazu konnte keine überzeugende Verbindung zwischen muskulärer Kraftleistungen und kognitiven Leistungen gefunden werden. Abbildung 19 demonstriert dazu nur ein Resultat, nämlich Resultat B, in welchem der Zusammenhang zwischen muskulärer Kraft und der globalen Intelligenz gemessen wurde. Hier konnte sogar ein sehr schwacher Zusammenhang

BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen

zwischen muskulärer Kraft und den kognitiven Leistungen gefunden werden, jedoch nur bei den schwächeren Testergebnissen.

Parameter	Global intelligence	Logical intelligence	Verbal intelligence	Visuospatial intelligence	Technical intelligence
Cardiovascular fitness					
n	1,214,472	1,159,011	1,158,146	1,158,148	1,146,662
b	0.222 (0.220–0.224)	0.221 (0.219–0.223)	0.189 (0.187–0.190)	0.161 (0.159–0.163)	0.141 (0.139–0.143)
r	0.20	0.20	0.18	0.15	0.13
Muscular strength					
n	1,217,584	1,161,545	1,160,685	1,160,687	1,149,185
b	0.056 (0.054–0.057)	0.014 (0.012–0.016)	–0.003 (–0.005 to –0.001)	0.045 (0.043–0.047)	0.129 (0.128–0.131)
r	0.054	0.01	–0.003	0.04	0.13
b1	0.333 (0.320–0.345)	0.237 (0.225–0.250)	0.159 (0.147–0.171)	0.277 (0.265–0.289)	0.429 (0.417–0.441)
b2	0.030 (0.028–0.032)	–0.006 (–0.008 to –0.004)	–0.017 (–0.019 to –0.015)	0.023 (0.021–0.025)	0.100 (0.098–0.102)

Values in parentheses are 95% CIs. b=regression coefficient presented with 95% confidence intervals. r=Pearson correlation coefficients. b1, linear regression analysis for muscular strength score 1–4; b2, muscular strength score 4–9.

Tab. 2: Intelligenztestergebnissen (Åberg et al., 2009, S. 20908).

In Tabelle 2 können die genauen Ergebnisse der Studie entnommen werden. Ein rascher Blick auf Pearsons Korrelationskoeffizient (r), bei dem die kardiovaskuläre Fitness überall einen Wert größer als Null aufweist, beweist den Zusammenhang zwischen den zwei Variablen. Hingegen wiesen die Koeffizienten bei der muskulären Fitness ungefähre Werte von Null auf und zeigen daher, dass die Variablen nicht miteinander korrelieren. Somit besteht kein Zusammenhang.

Nachdem die Forscher (Åberg et al., 2009, S. 20907) die Korrelation zwischen kardiovaskulärer Fitness und der kognitiven Leistungen bei den jungen Testpersonen festgestellt hatten, führten sie weitere Untersuchungen dazu durch. Dabei fanden sie heraus, dass auch bei Veränderung bestimmter Faktoren der Testpersonen, wie zum Beispiel einem anderen Einrückungsjahr, unterschiedlichen Lokalitäten, in denen die Wehrpflicht absolviert wurde, oder variierende berufliche Hintergründe der Eltern, der Zusammenhang blieb zwischen den Ergebnissen der kardiovaskulären Fitness und der kognitiven Leistungen unverändert. Weiters konnten sie durch die Ergebnisse den stärksten Zusammenhang bei gesteigerter aerober Leistungsfähigkeit in den Bereichen der logischen und verbalen Intelligenz feststellen.

Darüber hinaus widmeten sich die Forscher einer weiteren interessanten Fragestellung, nämlich ob bei Schülern, bei denen sich die kardiovaskuläre Fitness zwischen dem 15. und 18. Lebensjahr verändert, auch eine Änderung in den kognitiven Fähigkeiten festgestellt werden kann. Dabei verwendeten sie die Sportnoten der Teilnehmer, als diese 15 Jahre alt waren, und erstellten eine geschätzte Statistik, wie die aerobe Leistung laut Sportnoten mit 18 Jahren aussehen sollte. Abbildung 20 demonstriert im Diagramm A das schematische Modell des Schätzungsverlaufes der aeroben Leistungsfähigkeit der Teilnehmer zwischen

BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen

dem 15. und 18. Lebensjahr. Wie Diagramm B in Abbildung 20 zeigt, wurden von all den Teilnehmern die 10% mit den stärksten und die 10% mit den schwächsten Veränderungen im Fitnesstest ausgewählt und mit den geschätzten Ergebnissen verglichen. Åberg et al. (2009, S. 20908) gelang dadurch tatsächlich der Beweis dafür, dass bei den Teilnehmern, deren aerobe Leistungen sich zwischen dem 15. und 18. Lebensjahr verbesserten, auch eine signifikante Steigerung in all den Resultaten der Intelligenztests festgestellt werden konnte, im Gegensatz zu denen mit einem Verlust in der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit. Daraus folgend argumentieren die Autoren (2009, S. 20908), dass Veränderungen in der kardiovaskulären Fitness bei Jugendlichen in enger Verbindung mit Veränderungen in den kognitiven Prozessen stehen. Dies wiederum bestätigt die essenzielle Rolle des Bewegungs- und Sportunterrichtes in der Schule, welcher offensichtlich einen großen Einfluss auf die sportliche und auf die kognitive Entwicklung bei jungen Menschen hat.

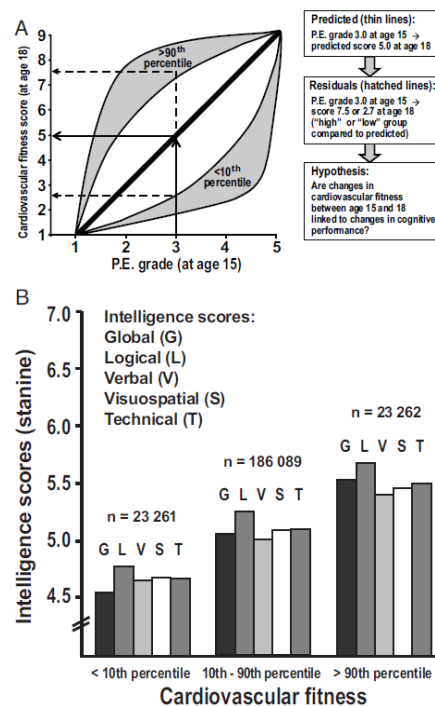


Abb. 20: Veränderungen in der kardiovaskulären Fitness (Åberg et al., 2009, S. 20909).

Darüber hinaus beschlossen die Forscher, die Teilnehmer auch in den darauffolgenden Jahren in ihrem beruflichen Werdegang zu erfassen, um den möglichen Einfluss einer hohen kardiovaskulären Leistungsfähigkeit im jungen Erwachsenenalter auf dem weiteren Berufs- und Ausbildungsweg zu überprüfen.

Event	Cardiovascular fitness	No. of events	Adjusted HR (95% CI)
Education/ university outcome	Per stanine score	230,567	1.09 (1.09–1.10)
	Scores 6–9 vs. 1–4	103,444	1.78 (1.75–1.81)
Occupation/ SEI 3 outcome	Per stanine score	56,697	1.13 (1.12–1.13)
	Scores 6–9 vs. 1–4	48,459	1.51 (1.47–1.55)

The relationships between cardiovascular fitness at age 18 and subsequent time dependent events; obtaining a university degree (compared to pre-high school or high school) or achieving an occupation with a high socioeconomic index; SEI 3 (compared to an occupation with a low socioeconomic index; SEI 1). SEI 1, unskilled/semi-skilled worker in manufacturing sector; skilled worker in manufacturing sector; unskilled/semi-skilled worker in service sector; or skilled worker in service sector. SEI 2, lower-level non-manual employees (education <2 y high school), lower-level non-manual employees (education 2 y high school), intermediate-level non-manual employees, farmers, and other self-employed. SEI 3, self-employed with academic education, manager, higher civil servants, and senior salaried employees.

Tab. 3: Auswirkungen kardiovaskulärer Fitness (Åberg et al., 2009, S. 20910).

In Tabelle 3 kann das Verhältnis, welches den Zusammenhang zwischen aerober Ausdauer bei 18 Jährigen und ihrer weiteren beruflichen Entwicklung untersucht, entnommen werden. Dabei wurden einerseits die Bildungslaufbahnen und andererseits die beruflichen Entwicklungen der Testpersonen eruiert. Åberg et al. (2009, S. 20908) fanden tatsächlich heraus, dass die Testpersonen mit einer stärkeren Ausdauerleistung im Alter von 18 Jahren öfter höhere Bildungsabschlüsse erreichten. Ein ähnliches Ergebnis zeigte sich bei den beruflichen Verwirklichungen. Testpersonen mit besserer kardiovaskulärer Fitness im 18. Lebensjahr fand man tendenziell öfters in höheren Berufspositionen wieder.

Insgesamt fassen Åberg et al. (2009, S. 20906) zusammen, dass ihre Studie einen positiven Zusammenhang zwischen kardiovaskulären Fitness und Kognition bei jungen Menschen im Alter von 18 Jahren nachweisen konnte. Zudem konnten sie zeigen, dass eine Verbesserung der kardiovaskulären Fitness während der Entwicklung im Jugendalter (15 – 18 Jahre) eine Leistungssteigerung der kognitiven Fähigkeiten im jungen Erwachsenenalter (ab 18 Jahren) mit sich bringt. Hinzu kam noch die Erkenntnis, dass sich ausgeprägte kardiovaskuläre Fitness im jungen Erwachsenenalter sogar positiv auf die beruflichen und sozio-ökonomischen Verwirklichungen auswirken kann. Die Forscher (Åberg et al., 2009, S. 20908) sprechen von der vielversprechenden Möglichkeit, durch Ausdauerfähigkeiten den beruflichen Werdegang beeinflussen aber sogar voraussagen zu können.

Ein Kritikpunkt der Studie betrifft allerdings die selektive Wahl der Teilnehmer, welche ausschließlich Männer betraf. Hierbei ist fraglich, ob die Ergebnisse auf das weibliche Geschlecht übertragbar sind.

Eine weitere Studie, die den Einfluss von aerober Fitness auf die kognitiven Leistungen von jüngeren Testpersonen untersuchte, wurde von Chaddock et al. (2012) durchgeführt. Das Ziel dieser Studie war, herauszufinden, ob fittere 9-10 jährige Kinder verglichen mit körper-

lich weniger fitten Kindern bei einem kognitiven Testverfahren besser abschneiden würden. Zusätzlich wurden visuelle Daten des Gehirns der Testpersonen mittels MRI gesammelt, wodurch mögliche Zusammenhänge zwischen physischen Anpassungsmechanismen im Gehirn und den Aufgabenleistungen aufgedeckt werden sollten. An der Studie nahmen letztendlich 32 Testpersonen teil, welche durch ein Fitnesstestverfahren, bei dem sie auf einem Laufband laufen mussten, ausselektiert und in fitte und weniger fitte Gruppen unterteilt wurden. Dadurch kam es zu 14 körperlich fitten Kindern (7 Burschen und 7 Mädchen) und 18 körperlich weniger fitten Kindern (davon waren 8 Burschen und 10 Mädchen). Das kognitive Testverfahren wurde mittels einer modifizierten Version des Eriksen-Flanker Tests durchgeführt, bei dem speziell die kognitive Kontrolle (Gedächtnis, Aufmerksamkeit, Inhibition und kognitive Flexibilität) bemessen wird. Die Kinder hatten die Aufgabe, auf einen Stimulus, in dem Fall auf einem Bildschirm erscheinende Pfeile zu reagieren. Anfänglich waren es kompatible Stimuli, bei denen sie die gleiche Richtung des zentralen Pfeiles wiedergeben mussten. Im Laufe der Testung änderte sich dies auf inkompatible Stimuli, bei denen sie die entgegengesetzte Richtung des zentralen Pfeiles angeben mussten. Es wurden die Schnelligkeit und die Genauigkeit der Reaktionen der Testpersonen gemessen. Abbildung 21 illustriert den modifizierten Flanker-Test der Studie.

Compatible	Incompatible
Congruent	Congruent
> > > >	> > > >
Response Right	Response Left
Compatible	Incompatible
Incongruent	Incongruent
> < > >	> < < >
Response Left	Response Right

Abb. 21: Modifizierter Flanker-Test (Chaddock et al., 2012, S. 424).

Die kognitiven Testungen wurden einmal zeitgleich mit den Fitnesstestungen durchgeführt und einmal nach einem Jahr. Die Resultate bestätigten die Forscher in ihrer Annahme, dass fittere Kinder in den kognitiven Testungen besser abschneiden würden als weniger fitte Kinder. Fittere Kinder zeigten eine höhere Treffergenauigkeit bei den Ergebnissen, verglichen mit den weniger fitten Kindern. Auch bei der Reaktionszeit konnte bei den fitteren Kindern ein Unterschied zu den weniger fitten gefunden werden. Dies gilt jedoch nur bei der zweiten Testung. Nach einem Jahr hatten die fitteren Kinder eine schnellere Reaktionszeit als die weniger fitten. Ein Vergleich zwischen den ersten und zweiten Testungen brachte die Erkenntnis, dass die weniger fitten Kinder langsamer und die fitten Kinder schneller innerhalb

des Jahres zwischen Testung 1 und 2 wurden. Auch die visuelle Datenerhebung durch das MRI bestätigte die Korrelation zwischen aerob fitten Kindern und einer körperlichen Anpassung des Gehirns. Bei den aerob fitteren Kindern konnte ein größeres Volumen des Putamen sowie des Globus pallidus festgestellt werden. Sowohl das Putamen als auch der Globus pallidus, befinden sich in den Basalganglien, welche eine wichtige Rolle bei der Bewegungskontrolle spielen (Thompson, 2001, S. 19). Weiters konnte eine Korrelationsanalyse beim ersten Testverfahren einen Zusammenhang zwischen der inkompatiblen Treffergenauigkeit und dem vergrößerten Volumen des Putamen und der Globus pallidus bei den fitteren Kindern demonstrieren. Bei der zweiten Testung hingegen korrelierte das Putamen Volumen mit den kompatiblen und inkompatiblen Treffergenauigkeiten und das Volumen des Globus pallidus hatte offenbar Einfluss auf die kompatible und inkompatible Reaktionszeit.

Alles in allem zeigte auch diese Studie den positiven Einfluss von aerober Fitness auf das Gehirn und die kognitiven Funktionen bei Kindern. Sogar ein Jahr nach der Fitnesstestung übertrafen die Testergebnisse der fitteren Kinder immer noch die der weniger fitten. Chaddock et al. (2012, S. 427) fassen zusammen, dass die Resultate darauf deuten, dass fittere Kinder überlegende Fähigkeiten haben die kognitiven Prozesse zu kontrollieren, wodurch sie eine gesteigerte kognitive Flexibilität besitzen. Dies ermöglicht ihnen wiederum, auf Situationen angepasst zu reagieren und Strategien effektiv zu entwickeln, um Aufgabenstellungen bestmöglich zu bewältigen.

Um zu der Frage zurückzukommen, welche körperlichen Aktivitäten besonders geeignet sind, um die Entwicklung kognitiver Fähigkeiten bei Kindern und Jugendlichen zu fördern, konnten die dargelegten Studien Hillman und Schotts (2013, S. 34) Behauptung bestätigen, dass die Ausdauerbewegungen in der Literatur eine dominierende Position belegen. Es gibt bereits etliche Studien, die den positiven Effekt von aeroben Ausdauerbewegungen auf die kognitiven Leistungen bei Menschen, speziell bei älteren, aber auch bereits bei jungen Menschen, wissenschaftlich beweisen. Betreffend der anderen motorischen Grundeigenschaften und deren Wirkung auf die kognitiven Prozesse weist die Literatur nur eine sehr geringe Anzahl an Beiträgen auf.

Laut Beck (2014, S. 65) sind die wissenschaftlichen Forschungen über die Wirkungen des Schnelligkeitstrainings noch widersprüchlich. Trotzdem konnten Studien bei Testpersonen nach einer anaeroben, hochintensiven Belastung einige der essenziellsten Wachstumsfaktoren im Blut messen, welche wiederum positiven Einfluss auf das Wachstum der Gehirnstruktur haben sollen (Beck, 2014, S. 65). Auch im Bereich des Krafttrainings konnten noch keine überzeugenden Ergebnisse über den Einfluss der Bewegung auf das menschliche Gehirn gefunden werden. Allerdings macht Beck (2014, S. 65) darauf aufmerksam, dass die meisten Studien in diesen Trainingsbereichen die positive Wirkung auf die kognitiven Fähigkeiten oft

nur als Nebenaspekt neben dem eigentlichen Forschungsbereich betrachteten. Oftmals wurden beim Studium dieser motorischer Grundeigenschaften die Wirkung körperlicher Aktivität auf die Emotionen und das Wohlbefinden untersucht, welche gleichfalls positive Resultate aufweisen.

Leider verbleiben die Techniksportarten, wie Skateboarden, Judo oder Gerätturnen, welche zum Teil in den Bereich der koordinativen Fähigkeiten fallen, bisher wissenschaftlich unbeachtet. Beck (2014, S.65) führte aus diesem Grund eine kleine Untersuchung mit seinen Schülern der sechsten und siebten Klassen durch, bei der er nach 15 minütigen Trampolinspringeinheiten akute positive Veränderungen in den exekutiven Funktionen, also beim Arbeitsgedächtnis, bei der Inhibition und bei der kognitiven Flexibilität feststellen konnte. Jedoch weist der Autor daraufhin, dass seine Untersuchungen aufgrund methodischer Mängel eine nur sehr geringe empirische Aussagekraft haben.

Unabhängig davon stellt Beck (2014, S. 62) eine weitere durchaus plausibel klingende These auf, welche die optimale Wahl der körperlichen Bewegungen für den menschlichen Geist mit der Evolution des Menschen in Verbindung bringt. Beck (2014, S. 62) zu Folge ist es essenziell zu verstehen, dass das menschliche Gehirn bereits aus der Geschichte des Menschen heraus in einem engen Zusammenspiel mit den körperlichen Bewegungen steht. Denn beim Jagdverhalten, welches körperlich anstrengend war, überlebten und profitierten diejenigen, die es zusätzlich geschafft hatten, aufmerksam und merkfähig zu sein. Bedenkt man, dass die Evolution ein Prozess ist, der sich einerseits aus zufälligen Änderungen des Erbgutes und andererseits aus dem natürlichen Selektionsdruck heraus entwickelt, um überleben zu können, so kann sich die Evolution auf unser komplexes menschliches Gehirn erst nach einer großen Zeitspanne von vielen Generationen auswirken, bis es sich merklich verändert.

Beck betont (2014, S. 62), dass sich das menschliche Gehirn in den letzten hunderttausend Jahren nur sehr gering verändert habe. Daraus kann man schließen, dass der Mensch auch heutzutage noch mit Genen ausgestattet ist, die vor tausenden Jahren lebensnotwendig waren. Obwohl es in unserer Welt nicht mehr notwendig ist auf Nahrungssuche zu gehen oder auf der Flucht vor einem Tier zu sein, um selbst nicht gefressen zu werden, trägt der Mensch immer noch diese damals für ihn lebensnotwendigen Gene in sich. Besonders bei Kindern könne man diese Gene noch gut beobachten, behauptet Beck (2014, S. 62-63). Denn für gewöhnlich unterliegen Kinder noch nicht dem Einfluss der modernen Welt, welche den Bewegungsdrang völlig eliminiert. Sie machen genau das, was unser Körper will, sich bewegen, spielen, laufen und austoben. Beck kommt daher zu der Erkenntnis, dass wir genau die Bewegungen ausüben sollen, die den Grundbewegungen des Urmenschen ähneln. Der Urmensch musste motorisch geschickt sein, um sich ein Haus zu bauen, sein Essen zu jagen oder sich selbst vor Gefahr zu schützen. Die Menschen damals mussten weite Strecken zu-

rücklegen und daher eine gewisse Ausdauer besitzen, aber auch spontane Sprints ablegen oder sich geschickt und taktisch verhalten, um nicht gefressen zu werden. Sportarten, die diese Bewegungsvielfalt beinhalten, wären (Beck, 2014, S. 63) genau die Richtigen, um uns körperlich aber auch geistig zu fördern.

Um diese sportliche Vielfalt zu erfüllen, reicht eine einzige Bewegungsform oft nicht aus. Für Sportler, die sich in den technischen Sportarten bewegen, wäre es ratsam, auch regelmäßige Ausdauerbewegungen zu inkludieren. Dieselbe Strategie gilt bei all den anderen sportlichen Tätigkeiten, die sich auf eine einzelne Grundeigenschaft der Bewegungen fokussieren. Ein Beispiel für eine Sportart, die zu einem gewissen Grad alle Grundeigenschaften der Bewegungen beinhaltet, findet sich im sportlich betriebenen Tanz. Die verschiedenen Rhythmen und Elemente des Tanzes, welche synchron in der Gruppe durchgeführt werden, verlangen einen hohen Anteil an koordinativen Fähigkeiten. Intensives Training wirkt sich sowohl auf die Krafftähigkeit, die Schnelligkeit als auch auf die Ausdauer aus. Zudem verlangen viele Elemente des Tanzes einen gewissen Grad an Beweglichkeit, welche somit auch gefördert wird. Jedoch unterstreicht Beck (2014, S. 64) auch die Wichtigkeit der Erholungsphase nach der Bewegung. Denn nach einer langen Jagd war es lebensnotwendig, wieder zu Kräften zu kommen und Energie zu sammeln. Dies sollte nicht außer Betracht gelassen werden. Richtige Bewegung erfordert auch eine geeignete Regenerationsphase.

Glaubt man dieser These und berücksichtigt die vielen anderen erwähnten Studien, welche den positiven Einfluss von aerober Bewegungen auf die kognitiven Funktionen junger Menschen geprüft und bewiesen haben, so sollten definitiv die kardiovaskuläre Fitness sowie eine gut ausgewählte Kombination aus den fünf Grundeigenschaften am Bewegungsprogramm des jungen Menschen stehen, um dessen kognitiven Fähigkeiten zu fördern.

3.7 Akute oder chronische körperliche Aktivitäten?

Für die geeignete Bewegungsausführung, um die Entwicklung kognitiver Funktionen im Kindes- und Jugendalter zu fördern, ist nun noch zu klären, in welchem Ausmaß die körperlichen Betätigungen betrieben werden sollten. Allgemein unterscheidet die Literatur zwischen den Effekten von körperlichen Aktivitäten auf die kognitiven Prozessen aufgrund chronischer oder akuter Interventionen.

Bei den akuten Interventionen wird der Effekt der körperlichen Aktivität während der Bewegungsausführung, gleich nach der Bewegung oder nach einer Pause (welche zwischen Minuten und Stunden variieren kann) gemessen, während bei den chronischen Interventionen die Wirkung der körperlichen Betätigungen auf die kognitiven Prozesse aufgrund wochen-

langer oder monatelanger Trainingsprogramme untersucht wird (Hötting & Röder, 2013, S. 2245). Hier werden die kognitiven Variablen meist vor dem Start des Trainingsprogrammes und schließlich am Ende desselben ermittelt.

Manche Studien nehmen allerdings auch innerhalb der Interventionszeit Daten auf. Meist werden bei diesen Studien zwei Testgruppen gebildet: eine, die das körperliche Interventionsprogramm durchmacht und eine, die als Kontrollgruppe zum Vergleich herangenommen wird. Der Großteil der in dieser Arbeit erwähnten Studien (Pellicer-Chenoll et al. (2014), Hol-lar et al. (2010), Sibley und Etnier (2003), Åberg et al., (2009)) überprüfte den Einfluss von körperlichen Aktivitäten auf die kognitiven Fähigkeiten aufgrund chronischer Interventionen. Auch in der Literatur befasst sich ein überwiegender Teil an Beiträgen mit der Erforschung der Wirkung von chronischen Interventionen. Der simple Grund dafür lässt sich höchstwahrscheinlich mit dem logischen Gedankengang erklären, dass eine bestimmte Interventionsdauer notwendig sein wird, um die bewiesenen positiven Einflüsse von sportlicher Betätigung auf das menschliche Gehirn und die damit verbundenen physischen Änderungen und Anpassungsmechanismen überhaupt erst auszulösen.

Kritisch betrachtet, stellt sich eher die Frage, ob denn eine einzelne isolierte Trainingseinheit tatsächlich schon positive Wirkungen auf die kognitiven Prozesse haben kann. Hillman, Kamijo und Scudder (2011) betonen, dass sich die bisherigen Studien von akuten Interventionen oftmals auf den bewegungsinduzierten Stimulus, der die kognitiven Veränderungen einleitet, fokussieren, wie zum Beispiel der Bewegungsdauer oder die Art der Bewegung, und die tatsächliche Wirkung auf die kognitiven Prozesse nur schwach wiedergeben. Zudem soll es schwer sein, einen allgemeinen Konsensus aus dem bisherigen Forschungsstand zu ziehen, da die Studien sich meist in den kognitiven Aufgaben aber auch bei den Altersgruppen der Teilnehmer sehr unterscheiden.

Wie bereits erläutert, stellten Sibley und Etnier (2003, S. 248) in ihrer Meta-Analyse einen Vergleich zwischen den Resultaten akuter und chronischer Interventionsstudien auf, welcher allerdings entgegen jeglicher Erwartungen keinen signifikanten Unterschied zwischen den Ergebnissen hervorbringen konnte. Tatsächlich konnten bei beiden Arten der Intervention ein positiver Effekt auf die kognitiven Leistungen gefunden werden. Chang, Labban, Gapin und Etnier (2012, S. 87) weisen dennoch nochmals daraufhin, dass die Literatur eine große Heterogenität in den Ergebnissen betreffs akuter Interventionen aufweist. Sie versuchen daher, mit einer eigens durchgeführten Meta-Analyse die unterschiedlichen Ergebnisse der Studien anschaulich zusammenzufassen und so zu einer auf Statistiken basierenden Erkenntnis zu gelangen.

Bei ihren Untersuchungen überprüften sie 79 Studien und kamen dadurch auf eine Stichprobengröße von 2072 Teilnehmern. Allerdings untersuchten sie den Effekt akuter Bewegungsinterventionen in allen Altersgruppen. Bei 61 Studien waren genaue Angaben bezüglich des Alters der Teilnehmer gegeben, was zu einem Durchschnittsalter von 28,51 Jahren führte. Die meisten Studien, die in der Meta-Analyse inkludiert sind, widmeten sich der Testung von Erwachsenen (20-30 Jährigen, n=42 Studien). Nur neun Studien testeten den Effekt bei Kindern und jungen Menschen (5-20 Jahren). Vier Studien betrafen die Altersgruppe zwischen 30 und 60 Jahren und sechs Studien überprüften den Zusammenhang bei älteren Menschen (60+ Jahren). Die Analyse ergab, dass allgemein ein kleiner positiver Effekt von akuten Interventionen gefunden werden konnte. Zusätzlich stellte sich heraus, dass der positive Effekt von akuten Bewegungen alle drei Paradigmen, das heißt Testungen während der Bewegung, gleich nach der Bewegung und nach einer Pause betrifft. Dies bedeutet, dass unabhängig davon, wann die kognitive Aufgabe gestellt wurde, akute Bewegungsinterventionen wiesen einen positiven Effekt in den Resultaten auf. Eine weitere Erkenntnis, die sie gewinnen konnten, war, dass akute Bewegungsinterventionen größere Effekte bei Jugendlichen, Erwachsenen und älteren Testgruppen hatten, wohingegen, sich bei Kindern und jungen Erwachsenen nur sehr geringe Auswirkungen zeigten. Ein Blick auf geschlechterspezifische Unterschiede brachte abermals interessante Ergebnisse: Das Geschlecht stellte sich insofern als essenzieller Moderator heraus, dass signifikante positive Ergebnisse von akuten Interventionen nur bei Studien gefunden werden konnten, die beide Geschlechter inkludierten. Bei Studien, die die Testpersonen nach dem Geschlecht trennten und somit nur Frauen oder nur Männer testeten, unterschieden sich die Testergebnisse nicht signifikant von Null (Chang et al. 2012, S. 91).

Eine genaue Untersuchung potenzieller Moderatoren, die für die positive Wirkung der Interventionen notwendig sind, deutet darauf hin, dass die Bewegungsdauer, die Intensität, die Art der gefragten kognitiven Leistungen und der Fitnesslevel des Sporttreibenden eine signifikante Rolle bei akuten Bewegungsinterventionen spielen. Betreffend die Bewegungsintensität konnte die Meta-Analyse keinen Zusammenhang mit den kognitiven Leistungen während der Bewegungsausführung selbst finden (Chang et al., 2012, S. 95). Bei Testungen der kognitiven Leistungen nach der körperlichen Betätigung stellte sich jedoch heraus, dass die ideale Wahl der Intensität und der daraus resultierende Effekt der Bewegungsintervention vom Zeitpunkt der Testung abhängig sind. Es scheint, dass bei kognitiven Testungen direkt nach Bewegungen eine sehr schwache, schwache oder moderate Interventionsintensität am besten geeignet wären, um zu signifikanten Ergebnissen zu gelangen. Bei zu hohen Intensitäten zeigten Messungen direkt nach der Bewegung keine signifikanten Resultate. Im Gegensatz dazu, brachten Testungen, die erst nach einer kurzen oder längeren Pause durchgeführt wurden, bei zu leichter Bewegungsintensitäten keine signifikanten Ergebnisse. Abbil-

Abbildung 22 demonstriert den erläuterten Zusammenhang zwischen Testungszeitpunkt und der Bewegungsintensität.

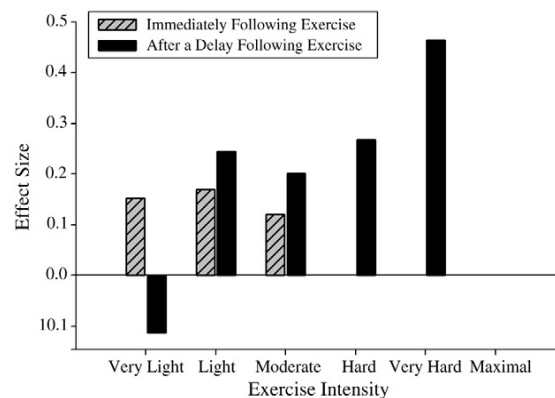


Abb. 22: Testungszeitpunkt und Bewegungsintensität (Chang et al., 2012, S. 95).

Wie in der Abbildung ersichtlich wird, verlangen zeitlich verzögerte Testungen eine sehr hohe Intensität, um die größte Wirkung auf die kognitiven Leistungen erreichen zu können. Kurz gesagt: Schwache Intensität bei Bewegungen sind für kognitive Aufgaben direkt nach der Bewegungseinheit geeignet, wohingegen eine höhere Intensität notwendig ist, um positiven Einfluss auf die kognitiven Leistungen nach einer längeren Pause zwischen Bewegung und Testungen zu nehmen. Die Autoren (2012, S. 95) schließen daraus, dass kognitive Mechanismen durchaus durch Regulierungen der Bewegungsintensität gut beeinflusst werden können. Ein weiterer Punkt, den sie in diesem Zusammenhang anführen, betrifft die Wirkungsdauer von akuten Bewegungsinterventionen. Die Studienergebnisse in der Meta-Analyse haben ergeben, dass bei kognitiven Aufgaben, die nach einer Pause erfolgten, der größte Effekt 11-20 Minuten nach der Bewegungseinheit gemessen werden konnte und dieser Einfluss bei längeren Pausen, also nach mehr als 20 Minuten wieder abflaute. Dies wiederum hat zur Folge, dass akute Interventionen zwar die kognitiven Fähigkeiten fördern, dieser Effekt jedoch nur temporär ist und nach einer Zeit wieder abflaut.

Ein anderer Moderator akuter Bewegungen betrifft die Dauer der Bewegungseinheit. Bei den kognitiven Testungen während der Bewegungseinheit konnte bei zu kurzer Bewegung keine Wirkung festgestellt werden. Bei Finesseinheiten von nur 11-20 Minuten gab es sogar negative Resultate. Die einzig positiven Ergebnisse bei Kognitionstestungen während der Intervention konnten bei Einheiten, die länger als 20 Minuten waren, gefunden werden. Um Einfluss auf die kognitiven Prozesse durch akute körperliche Aktivitäten zu nehmen, ist daher eine bestimmte Zeit der körperlichen Betätigung notwendig.

Rückblickend auf die physiologischen Anpassungsmechanismen des Gehirns und des Körpers, welche hierbei adressiert werden, klingt es nur plausibel, dass eine bestimmte Zeit gebraucht wird, um die Mechanismen erst zu aktivieren, um nötige Levels zu erreichen und die damit verbundenen Prozeduren einzuleiten. Auch bei den Testungen nach der Bewegungseinheit zeigten sich ähnliche Ergebnisse. Abermals traf es zu, dass bei Einheiten die kürzer als 20 Minuten dauerten, ein negativer Effekt bei den kognitiven Leistungen festgestellt wurde, wohingegen sich bei Trainings, die länger als 20 Minuten dauerten, positive Wirkungen zeigten. Chang et al. (2012, S. 95) betonen in diesem Zusammenhang jedoch, dass weitere Studien notwendig sind, welche die durch länger andauernden Bewegungseinheiten entstehenden Müdigkeitserscheinungen, sowie die Dehydration und weitere Auswirkungen auf die kognitiven Prozesse erforschen.

Ein weiterer essenzieller Moderator, der bei den Untersuchungen akuter Bewegungsinterventionen ersichtlich wurde, betraf die verschiedenen Arten der kognitiven Testungen. Bei den unterschiedlichen kognitiven Aufgaben konnten insbesondere bei den Testungen der exekutiven Funktionen positive Effekte festgestellt werden. Zur Erklärung: Die exekutiven Funktionen werden oft auch als kognitive Kontrolle bezeichnet und stehen mit den kognitiven Funktionen eng in Verbindung.

Beck (2014, S. 22) erläutert, dass die exekutiven Funktionen aus drei Teilbereichen: dem Arbeitsgedächtnis, der Inhibition und der kognitiven Flexibilität bestehen. Das Arbeitsgedächtnis, ermöglicht dem Menschen, Informationen vorrübergehend zu speichern, diese aber auch aktiv beim Denken miteinzubeziehen. Im Gegensatz dazu ist das Kurzzeitgedächtnis nur für eine kurzzeitige Sicherung von Informationen zuständig (Beck, 2014, S. 22). Die Inhibition hat wiederum die äußerst wichtige Funktion, bestimmte Impulse zu unterdrücken und die Aufmerksamkeit auf das Wesentliche zu rücken (Beck, 2014, S. 23). Der dritte Bereich der exekutiven Funktionen, die kognitive Flexibilität, befähigt uns Menschen, die Aufmerksamkeit schnell auf etwas anderes zu richten, diese Situation rasch einzuschätzen und sich darauf einzustellen.

Eine weitere Kognitionsaufgabe fokussierte sich auf die Reaktionszeit, welche jedoch keinen signifikanten Effekt durch akute Bewegungseinheiten erfuhr. Die Autoren (2012, S. 95) schließen aus den inkonstanten Ergebnissen der vielen Studien, dass Messungen der Reaktionszeit bei akuter Interventionen ungeeignet und daher unzuverlässig seien. Sehr ähnlich wie bei den Reaktionszeiten fielen die Resultate bei Testungen der Gedächtnisleistungen aus. Auch hier konnten keine signifikanten oder zuverlässigen Ergebnisse gefunden werden. Jedoch weisen die Forscher bei den Ergebnissen der Gedächtnisleistungen darauf hin, dass es bereits sämtliche empirische Studien gebe, die positive Wirkungen auf das Gedächtnis durch akute Bewegungen demonstrieren konnten und weitere Untersuchungen zu den ver-

schiedenen Parametern, die hierbei eine einflussnehmende Rolle spielen, notwendig seien (2012, S. 95-96). Der letzte kognitive Bereich, der in der Meta-Analyse für das Paradigma der Testung nach einer Pause geprüft wurde, ermittelte den Einfluss auf die kristallisierte Intelligenz. Unter kristallisierter Intelligenz versteht man das über Jahre erworbene Wissen, welches fix gespeichert ist und durch oftmaliges Benutzen rasch wieder abgerufen werden kann. Es ist daher sehr störungsresistent und vergrößert sich mit steigendem Lebensalter (Jasper, 1998, S. 42). Überraschenderweise fanden die Forscher in ihrer Meta-Analyse eine relativ große Summe an positiven Effekten von akuten Bewegungen auf die kristallisierte Intelligenz. Dies ist erstaunlich, erwartet man doch eher von der kristallisierten Intelligenz, welche sich durch jahrelange Erfahrungen entwickelt und heranwächst, dass sie von kurzen und akuten Impulsen der Bewegung kaum beeinflusst werde. Die Autoren (Chang et al., 2012, S. 96) vermuten daher, dass akute Bewegungen positiven Einfluss auf den Prozess des Abrufens von gespeicherten Informationen haben könnte. Auch hier ist noch Forschungsbedarf gegeben.

Der letzte Moderator, der im Zusammenhang mit akuter körperlicher Aktivität gefunden werden konnte, bezieht sich auf das Fitnesslevel der Teilnehmer. Bei Testungen während der Bewegungseinheit zeigten sich positive Ergebnisse bei den kognitiven Aufgaben bei körperlich fitten Teilnehmern. Im Gegensatz dazu fielen die Ergebnisse bei den Kognitionsaufgaben bei unfitten Teilnehmern negativ aus. Eine Erklärung dafür liefern die neuronalen Strukturen und der damit verbundene Stoffwechsel. Sowohl bei der körperlichen Aktivität als auch bei kognitiven Leistungen werden beide Bereiche in ähnlicher Weise benötigt und verwendet. Hat nun das Gehirn eine limitierte metabolische Kapazität, stehen die neuronalen Strukturen im direkten Konkurrenzkampf zwischen Bewegungsausführung und kognitiver Aufgabe. Schematisiert gesagt: Das Gehirn braucht nun die Kapazität einerseits für die Bewegungsausführung, andererseits aber auch für die kognitive Aufgabe. Unfitter Personen brauchen logischerweise mehr Ressourcen bei Bewegungsausführungen und haben daher als Konsequenz weniger Ressourcen für kognitive Prozesse zur Verfügung. Umgekehrt brauchen fitter Personen verständlicherweise weniger Ressourcen für die körperliche Betätigung selbst und haben dadurch mehr neuronale Ressourcen für die kognitive Leistung. Unabhängig von der körperlichen Fitness demonstrierten die Testungen nach der Bewegungsintervention überraschenderweise jedoch bei allen Teilnehmern positive Ergebnisse.

Abschließend erwähnen die Forscher noch, dass bei vielen Studien keine detaillierte zeitliche Angabe gegeben war, zu welchem Tageszeitpunkt die Aufgaben durchgeführt wurden. Bei jenen Studien, wo es dennoch dokumentiert wurde, war der größte Effekt am Morgen oder vormittags gegeben, im Gegensatz zu Testungen am Nachmittag oder abends. Betrachtet man dies umgelegt auf die fokussierte Altersgruppe dieser Arbeit, wären Kinder und

BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen

Jugendliche zu dem Zeitpunkt meistens in der Schule sein. Erneut tritt hier die essenzielle Rolle des Sports im Schulalltag in den Vordergrund.

3.8 Zusammenfassung

Dieser Teil der Arbeit hat mittels umfangreicher Literaturrecherche Einblick in verschiedene Studien gegeben, die den Einfluss körperlicher Aktivität auf die kognitiven Fähigkeiten bei Kindern und Jugendlichen geprüft und bewiesen haben.

Am Beginn des Kapitels wurde nochmals ausdrücklich die allgemeine Bedeutung von körperlicher Aktivität für uns Menschen angesprochen. Mittels gravierender Statistiken der Weltgesundheitsorganisation wurde die essenzielle Rolle des Sporttreibens für den menschlichen Körper erläutert. In diesem Kontext wurden auch die Empfehlungen der WHO genannt, in welchem Ausmaß Menschen verschiedener Altersgruppen körperlich aktiv sein sollten. Kinder und Jugendliche sollten sich sogar täglich mindesten 60 Minuten bewegen! Um zu einer besseren Vorstellung zu gelangen, welche Arten der körperlichen Aktivität uns Menschen genau dafür zur Verfügung stehen, wurde im Weiteren eine Auflistung der fünf motorischen Grundeigenschaften wiedergegeben. Diese sind: Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit, Beweglichkeit und Koordination.

Nachdem grundsätzliche Aspekte von körperlichen Bewegungen geklärt wurden, widmete sich der Großteil dieses Kapitels der wichtigsten Frage dieser Arbeit, nämlich der Wirkung von körperlicher Aktivität auf die Entwicklung der kognitiven Fähigkeiten von Kindern und Jugendlichen. Durch die technisch fortgeschrittenen Messungsverfahren konnten Forscher bereits die neurophysiologischen Mechanismen des Gehirns in Zusammenhang mit dem Sporttreiben untersuchen. Es zeigte sich, dass körperliche Aktivität die Gehirndurchblutung und den Gehirnstoffwechsel antreibt, eine verstärkte Produktion der Hauptwachstumsfaktoren unseres Gehirns (BDNF, IGF-1, VEGF) fördert und die neuronale Plastizität bestärkt. Zu all den neurophysiologischen Anpassungsmechanismen konnte auch erkannt werden, dass Bewegung das Aktivationsniveau des Gehirns bestärkt, was sich wiederum auf die Leistungsfähigkeit des menschlichen Gehirns auswirkt. Durch geeignete körperliche Betätigungen kann der Mensch deshalb zu einer deutlich besseren Denkleistungsfähigkeit gelangen. Hinzu kam auch noch die Erkenntnis, dass körperliche Bewegung die allgemeine physische Gesundheit fördert und somit auch präventiv kognitiven Erkrankungen entgegenwirkt. Alles in allem konnte die äußerst positive und umfangreiche Wirkung des Sporttreibens auf das menschliche Gehirn nachgewiesen werden.

Weiterführend stellte sich natürlich die Frage, was genau das Geheimrezept von körperlicher Aktivität sei, um solch großen Einfluss auf verschiedenste Faktoren im menschlichen Körper zu erreichen. Kurz gesagt fordern körperliche Bewegungen eine spezielle Verarbeitungstiefe des Gehirns ein, welche mit anderen Prozessen so nicht vergleichbar sind. Diverse Hirnakti-

vitäten werden mittels Bewegung deutlich tiefgehender angeregt und setzen damit verbunden vermehrt verschiedene Regionen des Gehirns ein.

Mit dem Beweis des starken Einflusses von körperlichen Aktivitäten auf das menschliche Gehirn sollte anschließend mit speziellem Fokus auf die Zielgruppe der Arbeit ein überzeugendes Resümee zur Hauptforschungsfrage gezogen werden. Vier Studien resümierter Wissenschaftler (Castelli et al., 2007; Pellicer-Chenoll et al., 2014; Hollar et al., 2010; Sibley und Etnier, 2003) betreffend diesen Forschungsbereich wurden vorgestellt. In der ersten Studie konnte eine positive Korrelation zwischen körperlicher Fitness und den Schulleistungen bei Volksschulkindern festgestellt werden. Zudem zeigten die Resultate, dass speziell ein geringerer BMI sowie gesteigerte Ausdauerleistungen im Zusammenhang mit besseren Schulleistungen stehen, wohingegen, Testungen der Muskelkraft und der Beweglichkeit in der Studie keine Korrelation aufweisen. Äußerst interessant war an dieser Studie auch, dass eine sehr große sozioökonomische Variabilität keinen Einfluss auf die Testergebnisse hatte.

In Studie 2 wurde ein Programm vorgestellt, welches sich über zwei Jahre hinzog. Ziel war es, durch ein Sportprogramm den Anteil von fettleibigen Kindern zu senken, die allgemeine Gesundheit zu steigern und damit verbunden auch die Schulleistungen zu verbessern. Tatsächlich war das Programm erfolgreich. Es konnte eine Senkung des Körpergewichtes erreicht werden und auch die akademischen Leistungen verbesserten sich signifikant.

Die Forscher der dritten Studie waren vom positiven Einfluss des Sporttreibens überzeugt und setzten sich zum Ziel, den Zusammenhang von körperlichen Bewegungen auf die akademischen Leistungen von Oberstufenschülern (14 – 18 Jahre) über einen Zeitraum von vier Jahren visuell zusammenzufassen. Mittels zweidimensionaler Karten (SOM) konnten die Autoren bildlich beweisen, dass Schüler mit geringerem BMI und höherem Stoffwechselverbrauch sowie mit ausgeprägter körperlicher Fitness auch bessere Leistungen bei schulischen Tests hatten. Im Gegensatz dazu, erzielten Schüler mit hohem BMI, geringem Stoffwechselverbrauch und niedriger körperlicher Fitness schlechtere akademische Leistungen und schnitten oft sogar in einem schulischen Themengebiet negativ ab. Außerdem konnte die Langzeitstudie illustrieren, dass schwächere Schüler mit Hilfe eines Interventionsprogrammes ihre Leistungen deutlich verbessern und auch in die leistungsstärkeren Bereiche wandern konnten.

Die letzte Studie, die zu dieser Thematik genannt wurde, betrifft eine zusammenfassende Meta-Analyse, welche nochmals genau den Zusammenhang von körperlicher Aktivität auf die kognitiven Leistungen von Kindern und Jugendlichen quantitativ überprüft. Sie konnte überzeugend die Wirkung von Bewegung auf die Kognition bei Kindern und Jugendlichen beweisen. Zudem brachte die große Anzahl von verschiedenen Studien, welche in der Meta-

Analyse untersucht wurden, weitere wichtige Erkenntnisse, die diese Thematik betreffen. Grob zusammengefasst demonstrierte die Meta-Analyse, dass jegliche Art von Bewegung, ob chronisch oder auch akut eingesetzt, bei Kindern und Jugendlichen mit unterschiedlichem Gesundheitsstatus (gesund, mental erkrankt oder körperlich behindert) positive Wirkungen auf die kognitiven Fähigkeiten hat!

Mit der Gewissheit, dass die Forschungsfrage positiv beantwortet werden kann, wurde im Anschluss nach geeigneten Bedingungen geforscht, die bei der körperlichen Aktivität beachtet werden sollten, um den gewünschten positiven Effekt von Bewegung zu fördern und bestmöglich zu maximieren. Die bestehende Literatur hat eine deutliche Tendenz, besonders Ausdauersportleistungen in diesem Kontext hervorzuheben, da diese speziell die kognitiven Fähigkeiten fördern sollen. Der Einfluss von Kraft-, Beweglichkeits-, Schnelligkeits- oder Koordinationstraining scheint beim heutigen Forschungsstand noch recht unerforscht. Hier ist ein deutlicher Nachholbedarf gegeben.

Abgesehen von den Studien, welche in diesem Zusammenhang vorgestellt wurden und welche abermals die essenzielle Rolle der aeroben Ausdauerfähigkeit zur Verbesserung von kognitiven Leistungen hervorhoben, gab es noch einen alternativen Standpunkt, der diskutiert wurde: Um die geeignete körperliche Bewegung für die Förderung unseres Geistes durchzuführen, darf die Entwicklung des Menschen und somit seine Entstehungsgeschichte nicht außer Acht gelassen werden. Der menschliche Körper besitzt heutzutage noch Gene, die vor hunderttausenden Jahren bestimmte lebensnotwendige Bewegungsformen einforderten. Aus dieser Erkenntnis heraus ergibt sich die Auffassung, dass geeignete körperliche Aktivität bestmöglich alle Facetten der motorischen Grundeigenschaften beinhaltet, genau wie es in Urzeiten für den Menschen galt.

Ein weiterer Punkt, der in diesem Kapitel thematisiert wurde, betraf die Frage nach dem geeigneten Ausmaß von Bewegung. Der Effekt von chronischen Interventionen scheint unumstritten. Die tatsächliche Wirkung von akuten Interventionen ist weniger klar, doch sowohl chronische als auch akute Bewegungen beeinflussen die kognitiven Prozesse positiv. Trotzdem zeigte sich dass, um möglichst effizient die kognitiven Fähigkeiten zu fördern, ein chronisches Interventionsprogramm eingeführt werden sollte. Falls aber nur akute Interventionen möglich sind, sollten die Trainingsintensität und die Trainingsdauer gut überlegt sein.

Letztendlich demonstrierte dieser Teil der Arbeit die Wichtigkeit des Sporttreibens für Kinder und Jugendliche. Es konnte bewiesen werden, dass körperliche Aktivität sich nicht „nur“ auf die allgemeine Gesundheit des Menschen auswirkt, sondern dass auch das menschliche Gehirn durch Bewegung profitiert. Hier anknüpfend stellt sich nun die Frage, wie diese Erkenntnis heutzutage am besten in die Praxis umgesetzt werden kann. Wie bereits öfter in

BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen

dieser Arbeit erwähnt, sollte gerade bei Kindern und Jugendlichen ein Hauptaugenmerk auf die Rolle der Schule in diesem Kontext gelegt werden.

4. Bewegung und das Schulsystem

Betrachtet man den heutigen Lebensstil in den westlichen Industrieländern scheint dieser jeglicher Art von Bewegung stark entgegenzuwirken (Global Health Risks, 2009, S. 10). Denn das moderne Leben mit Telekommunikation und High-Tech Geräten schafft einen Rahmen, der zum Ziel hat, alles mit möglichst geringem körperlichem Aufwand jedoch so rasch wie möglich zu erledigen. Wir Menschen werden stetig bequemer. Computer und Handys ermöglichen uns den sofortigen Kontakt mit jedermann mit nur einer einzigen Fingerbewegung. Nicht einmal, um zur Arbeit zu gelangen, ist in der heutigen Zeit ein Ortswechsel unbedingt notwendig. Selbst beim Einkaufen haben wir die Wahl des Lieferservices, der unsere Einkäufe direkt ins Haus liefert. Kinder sind einfach und effektiv durch Computerspiele oder Spielkonsolen stundenlang beschäftigt und sehen oft keinen Anreiz darin, die Wohnung zu verlassen. Verlassen wir jedoch unser Heim, haben wir immer noch die Möglichkeit, das Auto oder öffentliche Verkehrsmittel zu verwenden, Zu Fuß zu gehen erachten viele von uns nicht mehr als zeitgemäß.

Am besten jedoch zeigen uns die Bewegungsgewohnheiten des modernen „sporttreibenden“ Menschen, inwiefern uns unser Lebensstil faul macht: Entschieden wir uns „sportlich aktiv“ zu sein, steigen wir ins Auto, fahren ins Fitnessstudio und benutzen dort den Lift, um uns letztendlich in einem der Säle zu bewegen. Zugegeben: Diese Szenarien sind etwas überspitzt dargestellt, aber die deutlichen Tendenzen, dass der Mensch fauler und gemütlicher wird, sind nicht zu leugnen. Etliche Studien über die Gesundheitsentwicklungen des Menschen spiegeln diesen Lebensstil wider. Es überrascht nicht, dass aufgrund des heutigen Lebensstils die Zahl von Adipositas-Erkrankten kontinuierlich ansteigt. Im Bericht *Österreichische Empfehlungen für gesundheitswirksame Bewegung* (2010, S. 21) stellte sich heraus, dass ungefähr 25% der 11-Jährigen, 23% der 13-Jährigen und sogar nur mehr 11% der 15-Jährigen, den Empfehlungen, sich täglich mindestens 60 Minuten zu bewegen, gerecht werden. Anders gesagt, betreiben nur etwa ein Fünftel von Österreichs Schulkindern täglich in ihrer Freizeit Sport. Die Mehrheit der Schulkinder gibt an, nur maximal drei Mal pro Woche körperlich aktiv zu sein und ein Drittel der Schulkinder geht überhaupt nur maximal einmal pro Woche körperlicher Ertüchtigung nach. Die Ergebnisse spiegeln sich auch in der österreichischen Gesundheitsbefragung von 2006/07 (*Körperliche Aktivität in der Freizeit*, 2007) wieder, bei der sich herausstellte, dass nur ungefähr 50% der Österreicher ab 15 Jahren einmal pro Woche Sport betreiben. Nur jeder dritte männliche Österreicher (32%) und sogar nur etwa jede vierte weibliche Österreicherin (23%) ist zumindest drei Mal pro Woche sportlich aktiv. Bei Personen fortgeschrittenen Alters sinken die Zahlen der sportlich Aktiven noch weiter ab. Das heißt aber auch: Je jünger die Altersgruppe ist, desto eher ist sie gewillt, Sport zu treiben. Wird sie jedoch nie zur körperlichen Betätigung angeregt, ist es sehr un-

wahrscheinlich, dass sie im späteren Lebensalter noch zum „Sporteln“ verleitet wird. Genau aus diesem Grund wird ersichtlich, wie wichtig die Rolle der Schule ist, um Kindern und Jugendlichen von Klein auf einen Zugang zum Sport betreiben zu verschaffen und sie für Bewegung zu begeistern. Die Schule bietet besonders gute Grundvoraussetzungen für die Integration von Bewegung im Alltag junger Menschen: Für gewöhnlich hat das schulische Umfeld einen sehr großen Einfluss auf die Entwicklung der Kinder und Jugendlichen. Sie verbringen schließlich einen Großteil ihrer Kindheit und Jugendzeit in dieser Institution. Weiters stellt die Schule einen stabilen Fixpunkt im Leben der Kinder und Jugendlichen dar, welcher ihnen durch Aufgaben wiederum Ziele im Leben gibt. Auch wenn Kinder und Jugendliche oft über das Schulleben und die damit verbundenen Verpflichtungen nörgeln, ist es doch gerade das Schulleben, das ihnen die nötige Stabilität, soziale Kontakte und Aufgaben gibt, was besonders in unserer heutigen, instabilen Zeit wichtig ist und den jungen Menschen prägt.

Welche verantwortungsvollen Aufgaben das Unterrichten tatsächlich mit sich bringt, dessen muss sich jeder Pädagoge, der in diesem Schulsystem arbeitet, bewusst sein. Denn schon lange steht nicht mehr nur die Vermittlung von fächerspezifischen Kompetenzen am Tagesplan eines Lehrers. Ein beträchtlicher Teil des Lehrerseins besteht aus Erziehungsarbeit, welche Kindern und Jugendlichen immer weniger vom Elternhaus mitgegeben wird. Oft muss auch der richtige soziale Umgang im Miteinander gelernt und gelebt werden. Die Vermittlung vieler Werte und sozialer Normen wird immer öfter Aufgabe der Schule. All diese facettenreichen Aspekte des Schullebens verdeutlichen erneut die wahre Bedeutung der Schule im Leben der Kinder und Jugendlichen und bringen nur ein weiteres Beispiel für die Wichtigkeit von Bewegung und Sport im Schulalltag. Denn neben den körperlichen Vorteilen, welche ausreichende Bewegung mit sich bringt, können gerade im Sport soziale Kontakte und eine angepasster Umgang miteinander geschult werden. Dass Sport positive Effekte sowohl auf den Körper als auch den Geist hat, wurde schon ausführlich diskutiert und erläutert. Doch wie bereits erwähnt, betrifft die positive Auswirkung von Bewegung noch weitere Bereiche. Schneider und Diehl (2014, S. 66) haben daher ein Modell entwickelt, welches den Umfang des Wirkungsbereiches von körperlicher Aktivität übersichtlich darstellt.

BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen

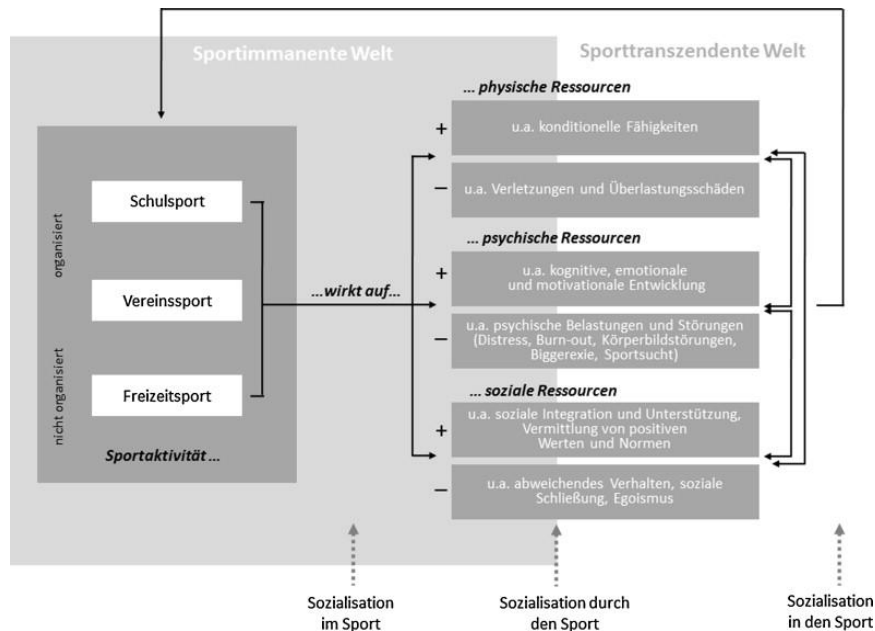


Abb. 23: Wirkungen des Sports (Schneider & Diehl, 2014, S. 66).

Die Abbildung demonstriert den Einfluss sportlicher Betätigungen auf den Menschen in Bezug auf seine physischen, psychischen und sozialen Ressourcen. Im Modell werden unterschiedliche Möglichkeiten aufgelistet, wie der Mensch sportlich aktiv werden kann. Eine Möglichkeit zum Sporttreiben betrifft auch die Institution Schule. Zudem zeigt das Modell sowohl positive als auch negative Wirkungen auf die verschiedenen Ressourcen. Dies deutet daraufhin, dass das Sporttreiben allgemein zwar viele positive Effekte hat, jedoch bei falscher Ausführung die positive Wirkung ins Negative umschwenken kann. Trotzdem wird bei diesem Modell klar sichtbar, dass Sport einen positiven Einfluss auf die Psyche des Menschen hat, sodass die Emotionen und die Motivation des Menschen profitieren. Des Weiteren kann die richtige Integration von Sport im Unterricht das soziale Verhalten eines Kindes positiv beeinflussen und wichtige Werte und Normen vermitteln und unterstützen.

Aus dieser kurzen Diskussion kann die Wichtigkeit der Integration von Bewegung und Sport im Alltag von jungen Menschen verstanden werden. Die damit verbundene bedeutende Rolle der Schule lässt Raum für weitere Überlegungen.

4.1 Bewegung und Sport als Bildungsauftrag

In den österreichischen Lehrplänen wird der körperlichen Aktivität von Schülern eine gewisse Bedeutung zugesprochen. Ein Blick in die Lehrpläne der unterschiedlichen Schulformen in Bezug auf die Integration von körperlichen Betätigungen verrät:

BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen

Im österreichischen Volksschullehrplan (Lehrplan der Volksschule, 2012, S. 9) gilt als allgemeines Bildungsziel neben dem erforderlichen Wissenserwerb, den Schülern sittliche, religiöse und soziale Werte mitzugeben. Um dies zu erreichen, wird im allgemeinen Bildungsziel auch festgehalten, dass die Schule als „vielfältiger Erfahrungs- und Handlungsraum“ zu verstehen ist, welcher jedoch „über den Unterricht weit hinaus“ (Lehrplan der Volksschule, 2012, S. 9) geht. Bezugnehmend auf die spezifische Bildungsaufgabe des „Bewegungs- und Sport“ Unterrichtes wird in der Volksschule nach einer individuellen Entwicklung der Schüler und ihrer motorischen Lernfähigkeit verlangt sowie nach einer Förderung der Gesamtpersönlichkeit „durch ein vielfältiges Bewegungsangebot“ (Lehrplan der Volksschule, 2012, S. 75). Im Weiteren ist im Lehrplan festgehalten, dass der Unterricht die Schüler zum Sporttreiben motivieren und in ihnen durch ein abwechslungsreiches Bewegungsangebot das Bedürfnis nach Bewegung geweckt werden soll. Außerdem soll der „Bewegung und Sport“ Unterricht auch den sozialen Umgang im Miteinander erproben und thematisieren.

Betrachtet man nun diese Bildungsziele, wird ersichtlich, dass auch der Lehrplan der Volksschulen nicht mehr nur auf die Kompetenzen der unterschiedlichen Fächer ausgelegt ist. Der Schüler soll sich idealerweise facettenreich entwickeln und entfalten können. Wie der Lehrplan besagt: Um dies zu erreichen, muss die Schule als Erfahrungs- und Handlungsraum dienen und sollte daher auch so verstanden werden.

Das Modell von Schneider & Diehl (2014, Abb. 23) demonstriert recht gut, dass Sport und Bewegung einen idealen Raum für all diese Bereiche bieten. Denn mit den richtigen Bewegungsaufgaben können die verschiedensten Bereiche inkludiert und verknüpft werden, wie es nirgends anders möglich wäre. Sport bietet die Möglichkeit, die Kinder durch spielerische Aufgaben physisch, kognitiv, sozial, aber eben auch psychisch und emotional zu fördern und zu fordern. Für die Umsetzung dieser Ziele mit Hilfe des Sportunterrichts sieht die Volksschule je nach Schulstufe zwischen zwei und drei Unterrichtsstunden in der Woche vor. In der ersten und zweiten Schulstufe sollten drei von 20 - 23 Gesamtwochenstunden für den Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ verwendet werden. In der dritten und vierten Schulstufe plant die Stundentafel für eine 23 - 25 Gesamtwochenstundenanzahl überraschenderweise nur mehr zwei Stunden für den Sportunterricht ein. Obwohl die allgemeinen Bildungsziele zwar sehr wohl dem Bewegungs- und Sportunterricht in der Theorie eine essenzielle Rolle zuschreiben, scheint es an der Umsetzung etwas zu hadern. Denn bei steigender Gesamtwochenstundenanzahl scheint das Bildungsministerium trotzdem die Notwendigkeit zu sehen, die Stunden des Sportunterrichts auf nur zwei Stunden (50 Minuten) Sport in der Woche zu reduzieren.

In den Lehrplänen der Allgemeinbildenden Höheren Schulen (AHS) (Lehrplan AHS, 2004, S. 1) findet sich der gesetzliche Bildungsauftrag aus dem Schulorganisationsgesetz, welches

ähnlich wie im Volksschullehrplan ein förderliches Heranwachsen von jungen Menschen verlangt, was sich auf den Erwerb von Wissen, der Entwicklung von Kompetenzen sowie der Vermittlung sozialer Werte bezieht. Weiters gibt der Lehrplan (Lehrplan AHS, 2004, S. 3) an, dass unter dem Begriff Bildung mehr zu verstehen sei als die Summe des fachlichen Wissens in verschiedenen Unterrichtsgegenständen.

Aus diesem Grund werden fünf Bildungsbereiche genannt, welche als fundamentale Grundlage dienen sollen, um zu verstehen, dass Bildung ein fächerübergreifender und ineinander verwobener Prozess ist. Die Bildungsbereiche setzen sich zusammen aus: Sprache und Kommunikation, Mensch und Gesellschaft, Natur und Technik, Kreativität und Gestaltung und Gesundheit und Bewegung. Besonders der letzte Bildungsbereich „Gesundheit und Bewegung“ ist im Kontext dieser Arbeit genauer zu betrachten. Denn der österreichische Lehrplan für die AHS stellt die Forderung, dass einer der fünf wichtigsten Bildungsbereiche aus dem Themenbereich Gesundheit und Bewegung besteht. Genauer gesagt, hat die AHS in Österreich den gesetzlich vorgegebenen Bildungsauftrag, den Schülern ein gesundes Bewusstsein für ihren Körper, ihre Seele und ihr eigenes soziales Wohlbefinden zu vermitteln und sie darin zu unterstützen, einen gesundheitsbewussten Lebensstil zu führen. Es wird explizit verlangt, dass die Schule mit dem Gedanken eines ganzheitlichen Gesundheitsbegriffes einen Beitrag zur „gesundheits- und bewegungsfördernden Lebensgestaltung zu leisten“ hat (Lehrplan AHS, 2004, S. 4).

Dem fächerspezifischen Lehrplan für „Bewegung und Sport“ (Bewegung und Sport AHS, 2015, S.1) wird zudem verschrieben, dass der Unterricht drei Ziele gleichrangig zu verfolgen und erfüllen habe: Nämlich die Entwicklung der Schüler in ihrer Sachkompetenz, in ihrer Selbstkompetenz sowie ihrer Sozialkompetenz. Weitere Schlagwörter des Lehrplanes fordern die Förderung der motorischen Fähigkeiten, den Erwerb vielseitiger Bewegungserfahrungen, die Schüler für Bewegung zu begeistern, Körpererfahrungen in verschiedenen Bewegungsräumen (Outdoor, Indoor) zu schaffen, aber auch die Konfrontation in Konfliktsituationen, in denen der richtige Umgang mit Konflikten durch Kooperation, aber auch durch Konkurrenzverhalten geschult wird. Vor allem wird jedoch im fachspezifischen Lehrplan für das Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ ausdrücklich der „Aufbau einer bewegungsorientierten, gesundheitsbewussten und gegenüber der Umwelt und Mitwelt verantwortlichen Lebensführung sowie einer lebenslangen Bewegungsbereitschaft“ (Bewegung und Sport AHS, 2015, S. 1) eingefordert.

Die Stundentafel der Unterstufe sieht dafür in der 1. und 2. Klasse vier Sportstunden von 28 - 30 Gesamtwochenstunden vor und in der dritten und vierten drei Stunden bei 31 Gesamtwochenstunden (Stundentafel AHS, 2003, S. 2). Obwohl die Anzahl der Wochenstunden in der Unterstufe für den „Bewegung und Sport“ Unterricht im Vergleich zu anderen Fächern

noch ein recht großes Stundenausmaß umfasst, ändert sich dies leider in der Oberstufe. Denn hier sind nur mehr in der 5. Klasse drei Stunden Sport in der Woche eingerechnet bei 31 Gesamtwochenstunden. In der 6., 7. und 8. Klasse sind überhaupt nur mehr zwei Wochenstunden Sport vorgeschrieben, bei einer Gesamtwochenstundenanzahl von 29 - 33 Stunden. Ein kurzer Blick in die Stundentafel der BMHS (Berufsbildende Mittlere und Höhere Schulen), welche natürlich ein anderes Bildungsziel verfolgen als eine Allgemeinbildende Höhere Schule, zeigt jedoch sehr drastisch den Stellenwert des Sportunterrichts in dieser Schulform. Denn bei einer Gesamtwochenstundenanzahl von 36- 39 Stunden sieht die Stundentafel zwei Stunden Sport in den fünften bis siebten Klassen vor und sogar nur eine einzige Sportstunde in der achten Klasse (Stundentafel BMHS, 2003, S. 6).

Zusammenfassend konnten die kurzen Einblicke in die Lehrpläne der verschiedenen Schulformen demonstrieren, dass die Integration von Bewegung- und Sport selbstverständlich fachspezifisch definiert ist, im allgemeinen Bildungsauftrag aber gefordert und somit auch gesetzlich von den Schulen verlangt wird. In der Theorie wird das Bildungssystem als fächerübergreifendes und verknüpfendes System verstanden, welches die Schüler als ganzheitliche Wesen sieht und ihre Entwicklung holistisch fördern soll. Wie die Lehrpläne ausdrücklich fordern, sollte der Unterricht nicht mehr als reines Kompetenzvermitteln verstanden werden, sondern die Schüler zu unabhängigen, selbstständigen und verantwortungsbewussten Menschen erziehen.

Ein besonders wichtiger Teil, welcher oft in den Bildungszielen erwähnt wird, betrifft die Gesundheit der Schüler. Sowohl im allgemeinen Lehrplan als auch im fächerspezifischen Bewegungs- und Sportlehrplan wird als Bildungsziel verordnet, die Schüler zu einem gesundheitsbewussten Lebensstil zu führen. Selbstverständlich bedeutet dieses Bildungsziel indirekt auch, dass die Schüler zu körperlicher Aktivität angeregt werden sollen, da ein großer Teil der menschlichen Gesundheit durch körperliche Bewegung gefördert und erhalten werden kann. Daher ist es für Lehrer und Pädagogen, unabhängig vom Fach, das sie unterrichten, fundamental zu verstehen, dass die Institution Schule die Schüler auch zu körperlichen Aktivitäten ermutigen soll.

Als Sportlehrer sollte man sich diese Bildungsaufträge natürlich noch verstärkter ins Bewusstsein rufen und versuchen, sie bestmöglich umzusetzen. Man muss verstehen, dass unabhängig von den sportlichen Kompetenzen, die ein Schüler oder die gesamte Klasse mit sich bringt, das Hauptziel des „Bewegung und Sport“ Unterrichts ist, einerseits die gegebenen motorischen Fähigkeiten und Sachkompetenzen der Schüler zu verbessern, andererseits aber auch ihnen durch abwechslungsreichen Unterricht Freude an der Bewegung zu vermitteln. Der Unterricht sollte die Schüler zu körperlicher Bewegung anregen und sie motivieren. Das wirklich Schöne am Sportunterricht ist doch, dass so viele verschiedene Lern-

prozesse in den Bewegungsaufgaben enthalten sind, die für gewöhnlich Spaß machen und gleichzeitig das Lernen anregen. Mit für die jeweilige Klasse spezifischen Sportaktivitäten und einem umfangreichen Programm können die Schüler Erfolge erfahren, ihr Selbstvertrauen stärken, den sozialen Umgang im Miteinander erlernen und verstehen, ihren Körper physisch stärken und sogar ihren Geist und ihre kognitiven Fähigkeiten fördern. Ruft man sich dies ins Bewusstsein, wird klar, welche verantwortungsvollen Aufgaben ein Sportlehrer hat.

4.2 Das Legitimationsproblem

Da die Bedeutung der körperlichen Bewegung in der Institution Schule nun theoretisch geklärt wurde, stellt sich schließlich noch die Frage, wie dies in der Praxis aussieht. Denn trotz der vielen Grundgegebenheiten (Lehrplan, Stundentafel, Schulalltag) hapert es noch an der Umsetzung. Wie Scholz und Ungerer-Röhrich (2013, S. 22.e1) pointiert sagen, könnte unser Schulsystem unter dem Synonym „Sitzschule“ laufen. Denn stundenlanges Sitzen steht in all den Fächern außer Sport auf dem Tagesplan. Kinder und Jugendliche, die sich täglich laut WHO bewegen sollten, sitzen Tag ein Tag aus in der Schule, um zu lernen. Wie im vorherigen Abschnitt ersichtlich wurde, variiert die Anzahl der Sportstunden sehr je nach Schulform, Schulstufe und Schule. Zusätzlich ist der prozentuelle „Sitzanteil“ eines Schülers im Schulalltag tendenziell am Steigen, da die immer stärker verlangten Ganztageschulen mit betreuten Mittagspausen oder die zunehmende Mediennutzung während des Unterrichts (Scholz und Ungerer-Röhrich, 2013, S. 22.e1) die Kinder regelrecht zum Sitzen zwingen. Ein Beispiel hierzu aus dem Schulalltag einer österreichischen Schule: In den Freistunden zwischen Vormittags- und Nachmittagsunterricht haben die Kinder und Jugendlichen die Wahl, in eine „Betreute Mittagspause“ zu gehen und dürfen somit im Schulgebäude bleiben. Da jedoch so viele Kinder diese Betreuung in Anspruch nehmen, bleibt aus rein organisatorischen Gründen nur die Möglichkeit, die Kinder erneut in Gruppen in Klassenräume zu stecken mit einem Lehrer als Aufsicht. In der Zeit können sie Hausaufgaben machen oder sich leise beschäftigen. Banal gesagt, bedeutet diese „Betreuung“ auch, dass nachdem sie einen ganzen Vormittag gesessen sind, die Schüler erneut ein bis zwei Stunden im Klassenzimmer „festsitzen“, um dann entweder völlig energiegeladen in den Sportunterricht oder in einen anderen Nachmittagsunterricht wie den Werkunterricht zu gehen, bei dem sie natürlich erneut sitzen.

Dieses Beispiel veranschaulicht nur zu gut, wie die Schule leider selbst die Kinder zum Inaktivsein erzieht. Hillman, Kamijo und Scudder (2011, S. 21) betonen in diesem Zusammenhang richtig, dass der Anteil von inaktiven Kindern und Jugendlichen ständig zunimmt. Dies kann man relativ leicht an der steigenden Zahl von fettleibigen oder aufgrund von Bewegungsmangel chronisch erkrankten Kindern erkennen. Die Autoren (Hillman, Kamijo & Scud-

der, 2011, S. 21) fügen hinzu, dass dieser Bewegungsmangel jedoch nicht nur negative Auswirkungen auf die physische Gesundheit der jungen Menschen hat: Mit der Annahme, dass körperliche Aktivität die kognitiven Fähigkeiten positiv fördert, kann im weiteren Sinne davon ausgegangen werden, dass sich Bewegungsmangel auch negativ auf die kognitiven Prozesse auswirken kann.

Das Tragische an der dargestellten Problematik ist jedoch, dass trotz der bereits wissenschaftlich bewiesenen positiven Effekte von körperlicher Bewegung auf die allgemeine Gesundheit des Menschen und des Wissens, dass das tägliche Sporttreiben bei Kindern und Jugendlichen dringend notwendig wäre, in der Praxis alles ganz anders aussieht. Haag (2011, S. 54) spricht hierbei von einem großen Problem, welches sich weltweit in vielen Schulen wiederfindet. Dieses Problem bezieht sich schlicht auf die fehlende Akzeptanz des Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ als „grundlegendes Schulfach“ anzuerkennen. Der Autor berichtet von einer tiefen Legitimationskrise, aus der man versuchen muss, herauszukommen. Um dies jedoch zu erreichen, muss man sich kritischen und auch unbequemen Fragen stellen. Man müsste nach den Ursachen suchen, die für diese Legitimationskrise verantwortlich sind. Es sei zu klären, wieso trotz der vielen positiven sportwissenschaftlichen Erkenntnisse immer noch Zweifel an der Legitimierung des Sportunterrichts in den Schulen besteht: Sind es organisatorische Gründe? Haben wir Sportlehrer oder aber auch schon die Ausbildungsstätten von Sportlehrern (Universitäten, Seminare) Fehler gemacht, die behoben werden müssen?

Es ist dringend notwendig, die Gründe auszumachen, warum der Sportunterricht in den Schulen momentan ein so unbedeutendes Ansehen genießt. Wie Haag (2011, S. 54) abschließend zusammenfasst, gibt es schließlich genügend Gründe, welche die Wichtigkeit des „Bewegung und Sport“ Unterrichtes aufzeigen: Bewegungsmangelausgleich, Gewichtsabnahme, Ausgleich von Haltungsschwächen, Herz-Kreislauf-Stabilisierung, Abbau von Aggressivität und Gewaltprävention. Auch diese Arbeit zeigt, dass dies nur einige der vielen Gründe sind, warum der „Bewegung und Sport“ Unterricht unbedingt in der Institution Schule als Unterrichtsgegenstand akzeptiert werden muss. Vom momentanen unbefriedigenden Ist-Stand ausgehend, wird im folgenden Teil eine Zukunftsvision vorgestellt, wie ein Umschlagen in der Akzeptanz des „Bewegung und Sport“ Unterrichtes und somit eine gelungene Integration von Bewegung in der Schule aussehen könnte.

4.3 Zukunftsvision Bewegte Schule

Hauptfokus der Zukunftsvision ist, wie man realistischer Weise die momentan bestehende „Sitzschule“ in eine bewegte Schule umwandeln kann. Scholz und Ungerer-Röhrich (2013, S.

22.e1) geben einen Einblick in die wichtigsten Schwerpunkte, die bei der Implementierung einer „Bewegten Schule“ bedacht werden sollten:

- Bewegungsphasen in festgelegten Pausen
- Ruhe- und Entspannungsphasen
- Bewegungsaktivitäten innerhalb und außerhalb des Schulgebäudes
- Rhythmisieren des Schulalltags durch Bewegungs- und Entspannungsphasen
- Naturnahe und bewegungsfreundliche Gestaltung des Außengeländes von Schulen
- die „Bewegte Schule“ als Teil des Schulprogramms

Die hier genannten Ziele geben einen guten Leitfaden vor, was bei der Umsetzung einer Bewegten Schule alles beachtet werden muss. Als Start muss die Bewegte Schule als Schulprogramm innerhalb der Schule akzeptiert und somit auch umfassend umgesetzt werden. Wie aus den oben genannten Punkten ersichtlich wird, ist es von besonderer Bedeutung, die Bewegungsphasen über den gesamten Tag gleichmäßig zu verteilen, sodass ein Gleichgewicht zwischen Konzentrationsphasen, Bewegungsphasen aber auch Entspannungsphasen gegeben ist.

Wie dies in Schulen tatsächlich umgesetzt werden kann, ist natürlich von den Ressourcen abhängig, die der Schule zur Verfügung stehen. Ein Vorschlag zur Umsetzung könnte wie folgt aussehen: Einer der wichtigsten Punkte ist die Einteilung sowie die effektive Nutzung von Pausen. Diese eignen sich bestens, um Zeit und Raum für tägliche Bewegung im Schulalltag zu schaffen. Dafür müsste man sich in der Schule überlegen: Wo können die Schüler die Bewegte Pause verbringen? Gibt es einen geschützten Außenbereich? Gibt es einen speziellen Bereich, der die Bewegung von Schülern fördert? Gibt es Bewegungslandschaften, Geräte oder anderes Sportequipment? Falls kein Außenbereich gegeben ist: Wo in der Schule können sich die Schüler im Innenbereich gesammelt finden und bewegen? Gibt es eine Aula? Was lässt die Sicherheit zu?

Wenn in der Schule einmal die Frage nach dem geeigneten Ort für die Bewegte Pause geklärt wurde, kommt nun die zeitliche Organisation ins Spiel. Denn je nach räumlicher Größe müssen die Pausen zeitlich für die Nutzung der Bewegungsräume in den Klassen verteilt werden, sodass die jeweiligen Klassen in festgelegten Pausen in den Bewegungsbereich kommen. Zusätzlich sollte auch ein Mindestrahmen an Zeit gegeben sein, in dem sich die Kinder bewegen und austoben dürfen, am besten mehrmals über den Tag verteilt. Allgemein würde sich für die Bewegte Pause sicherlich ein für Bewegung ausgelegter Außenbereich eignen. Denn der Idealfall wäre die Bewegung der Schüler an der frischen Luft.

Ein weiterer Punkt, der bei den Zielen angesprochen wurde, sind die Ruhe- und Entspannungsphasen. Hierbei würden sich speziell die Essenszeiten anbieten, da diese sowieso ruhig ablaufen sollten. Die Mittagspause zwischen Vormittags- und Nachmittagsunterricht könnte als Ruhephase genutzt werden. Somit könnte man den Ort des Schulbuffets auch als Ruhebereich festlegen, in dem gespeist und „geruht“ wird. Zusätzlich können Orte wie die Schulbibliothek oder bestimmte, dafür ausgelegte Aufenthaltsräume mit gemütlichem Mobiliar als Rückzugsort dienen. Gäbe es festgelegte Bewegungsbereiche, an denen die Schüler ihre Pausen aktiv verbringen können, so könnten sich andere Örtlichkeiten als strikte Ruhe- und Entspannungsbereiche etablieren.

Die strikte räumliche Trennung und ein gut durchdachter Zeitplan, der den Schülern täglich beide Möglichkeiten -Bewegung und Entspannung- während des Schulalltages ermöglicht, könnte ein guter Start für die Umsetzung des Konzepts der Bewegten Schule sein. Denn eine Änderung der Stundentafel, bei der idealerweise alle Klassen eine tägliche Sportstunde haben, scheint aus organisatorischen und finanziellen Gründen in der momentanen Schulsituation leider unrealisierbar zu sein. Mit Bewegungspausen zwischendurch scheint jedoch der erste Schritt in eine Bewegte Schule getan zu sein.

Weitere Aspekte der Bewegten Schule betreffen kleine Änderungen im Regelunterricht. Denn auch hier gibt es Möglichkeiten, durch gezielte Umstrukturierungen Bewegungselemente im Klassenzimmer zu inkludieren. Dies beginnt bereits bei einer Umgestaltung des Klassenzimmers mit der Überlegung einer ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung (Dordel und Breithecker, 2003, S. 5-6). Durch eine geeignete Gestaltung des Klassenzimmers und dem Bewusstmachen eines aktivdynamischen Sitzens im Unterricht kann auch hier ein Schritt zur Bewegten Schule relativ leicht gesetzt werden. Wichtig wäre, die Klassenzimmer und die Ausstattung den Schülern anzupassen, unterschiedliche Sitzgelegenheiten zu schaffen, bewegliche Sitzflächen zu inkludieren, Tisch- und Sitzplatzwechsel zwischendurch zu vollziehen, aber auch die Schüler teilweise im Stehen oder in leichter Bewegung zu unterrichten. Grundsätzlich sollte man von dem strikten Gedanken des ständigen starren Sitzens wegkommen.

Ein anderer Aspekt, der im Regelunterricht noch einfacher umsetzbar ist, bezieht sich auf das Bewegte Lernen. Unter Bewegtem Lernen oder auch „aktiv handelndem Lernen“ wird ein Lernen mit allen Sinnen verstanden (Dordel und Breithecker, 2003, S. 6). Anders gesagt: Beim Bewegten Lernen werden die Aufgaben in Kombination mit Bewegungsaktivitäten durchgeführt. Daher sollten beim Lösen von Aufgaben oder beim Erlernen von neuen Inhalten Bewegungsaktivitäten mit einbezogen werden. Dies könnte zum Beispiel beim Erlernen von Zahlen oder Buchstaben ein aktives, physisches Darstellen dieser neuen Elemente sein. Die Kinder lernen den Buchstaben S und müssen sich in Gruppen wie ein S aufstellen. Oder

die Kinder lernen neue Zahlen, und zur Übung werden die Zahlen auf die Rücken der anderen Schüler mit dem Finger aufgemalt, und die Zahl muss erraten werden. Befasst man sich etwas genauer mit dem Konzept des Bewegten Lernens, wird schnell klar, wie einfach kleine Bewegungselemente im Regelunterricht rasch und ohne viel Aufwand inkludiert werden könnten.

Um die Schule tatsächlich in eine Bewegte Schule umzuwandeln, müssen spezielle Qualitätskriterien beachtet werden, die den Entwicklungsprozess steuern (Ungerer-Röhrich und Scholz, 2011, S. 235). Diese Qualitätskriterien wurden an einem bereits vollzogenen Beispiel einer Bewegten Schule angewendet und können somit verstärkt bei der Entwicklung an zukünftigen Projekten Hilfe leisten.

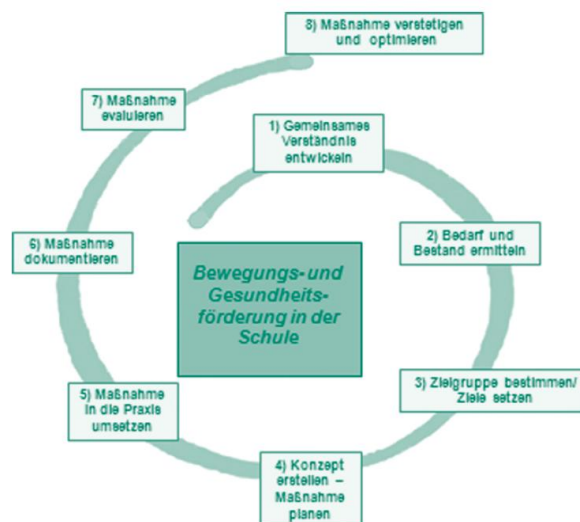


Abb. 24: Entwicklungskreislauf (BZga, 2010, zit. n. Ungerer-Röhrich und Scholz, 2011, S. 236)

In Abbildung 24 sind die Qualitätskriterien in einem Entwicklungskreis eingebaut, der den Prozess der Implementierung der Bewegten Schule graphisch darstellt. Der erste Schritt, der vorgestellt wird, verlangt ein „gemeinsames Verständnis“ für die Entwicklung des Programmes. Dies bedeutet, dass eine Umsetzung der Bewegten Schule nur dann machbar ist, wenn alle an der Schule beteiligten Personen darüber ausführlich informiert wurden, somit auch das Konzept dahinter verstehen und an der Umsetzung aktiv mitarbeiten. Dies umfasst natürlich alle Schüler, Lehrer, die Direktion, aber auch alle Eltern. Nur mit einer gemeinsamen Akzeptanz des neuen Programmes ist die Umsetzung realisierbar. Hierfür ist es notwendig, alle Beteiligten zu versammeln und ihnen das gesamte Programm und vor allem die dadurch entstehenden Profite für die Schüler überzeugend aufzuzeigen. Speziell der Gesundheitsas-

pekt sollte betont werden. Auch sollten alle damit verbundenen Änderungen angesprochen und thematisiert werden, sodass zwischendurch keine unangenehmen, unerwarteten Situationen entstehen und somit Unbehagen oder Zweifel auslöst werden. Sind alle Beteiligten ausführlich informiert, sollte ein gemeinsames Einverständnis eingeholt werden, welches die Unterstützung von allen Beteiligten in der Umsetzung einfordert.

Der zweite Schritt, der in der Abbildung gezeigt wird, befasst sich mit der aktuellen Ausgangssituation in der Schule. Hier muss der momentane Ist-Stand an der Schule ermittelt werden. Ungerer-Röhrich und Scholz (2011, S. 237) empfehlen, dafür die sogenannte SWOT Analyse zu verwenden. Mit der SWOT Analyse werden die Stärken (strengths), die Entwicklungsfelder (weaknesses), die gegebenen Chancen (opportunities) sowie die damit verbundenen Risiken (threats) ermittelt. In diesem Schritt ist es daher wirklich essenziell, herauszufinden, was der momentane Stand an der Schule ist und welche Ziele erreicht werden wollen. Dazu muss auch geklärt werden, welche Ressourcen zur Verfügung stehen, welche zusätzlichen Änderungen realisierbar sind, welche Abstriche man machen muss und wie man diese am besten ausgleichen kann. Ist dies einmal getan, sieht Schritt 3 vor die Zielgruppe zu bestimmen und dafür die gewünschten Ziele festzulegen. Die Autoren (Ungerer-Röhrich und Scholz, 2011, S. 237) betonen hierbei, dass in diesem Schritt auch eine aktive Zusammenarbeit mit der Zielgruppe verlangt wird. Denn in Versuchen zeigte sich mehr Erfolg bei der Umsetzung des Programmes, wenn die Schüler selbst Mitspracherecht bei der Implementierung hatten.

Bei der Definition der Hauptziele für das Programm schlagen die Autoren vor, die Ziele nach der „SMART“ Methode zu formulieren: **S**pezifisch, **M**essbar, **A**ufbauend, **R**ealistisch und **T**erminiert. Spezifisch bedeutet, dass das Programm an die betroffenen Personen speziell angepasst ist. Das wären hier die Schüler, die Lehrer und die Eltern. Messbar bezieht sich auf die Messbarkeit des Programmes, um den Prozess zu überprüfen. Unter „Aufbauend“ wird verstanden, an die bereits bestehenden Stärken und Entwicklungspotenziale der Zielgruppe anzuknüpfen. Die zwei letzten SMART Bereiche, realistisch und terminiert, fragen einerseits nach der möglichen Umsetzung des Konzepts, andererseits nach einen festgelegten Zeitraum, in dem die Umsetzung durchgeführt werden soll. All diese Ziele sollten in der Planung beachtet werden, um die Ziele für das Programm speziell auf die Schule sowie die Schüler ausrichten zu können.

Bei Schritt 4 kommt es nun, nachdem alle Ist-Stände und Ziele geklärt wurden, zur Konzeptzusammenstellung. Ein richtiger Plan muss entwickelt werden, damit alle Beteiligten in der Umsetzung klaren Vorgaben folgen können. Bei der Erstellung des Planes muss nochmals darauf geachtet werden, ob die Änderungsvorschläge auch organisatorisch realistisch um-

BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen

setzbar sind. Hierbei muss speziell auf die räumlichen, personellen aber auch finanziellen Faktoren geachtet werden.

Im nächsten Schritt kommt es endlich zur Umsetzung in der Praxis. Um die Pläne erfolgreich umsetzen zu können, empfehlen Ungerer-Röhrich und Scholz (2011, S. 240), dass bestimmte Personen bestimmt werden, die für die tatsächliche Umsetzung zuständig und verantwortlich sind.

Schritt 6 fordert eine Dokumentation der Maßnahmen, um den Entwicklungsprozess später besser nachvollziehen zu können.

Dies führt zu Schritt 7, bei dem die gesammelten Erkenntnisse der Implementierung ausgewertet und evaluiert werden. Man sollte wirklich kritisch betrachten, ob die Ziele erreicht werden konnten, ob es vielleicht Änderungsvorschläge gäbe, was besonders gut war und welche Bereiche noch Verbesserung nötig haben.

Nach der Auswertung in Schritt 7 muss die Schule abschließend klären, wie man weiter vorgeht. Mit der Implementierung des Programms und der Einhaltung des Entwicklungskreises sollten nun weitere verbesserte Änderungen für die Zukunft vorgenommen werden, sodass dadurch eine sich ins Positive bewegende Spirale entsteht.

Mit dem nötigen Engagement, einer gut durchdachten Vorgehensweise sowie mit Hilfe des Entwicklungskreises und der Qualitätskriterien sollte die Umstrukturierung der Sitzschule in eine Bewegte Schule möglich sein und zum Erfolg führen.

4.4 BrainSport im Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“

Abschließend werden nun Empfehlungen abgegeben, die bei der Gestaltung des Unterrichtsfaches „Bewegung und Sport“ relevant wären, um bestmögliche Gegebenheiten zur Förderung der Entwicklung der kognitiven Funktionen der Schüler zu schaffen.

Vorerst ist es von großer Bedeutung, den Unterricht in „Bewegung und Sport“ für die Schüler angepasst zu gestalten, sodass die Schüler freiwillig daran teilnehmen und im Idealfall Spaß daran haben. Um ein gutes Arbeitsklima zu schaffen, müssen die Bewegungsaufgaben und das Bewegungsangebot auf die einzelnen Klassen zugeschnitten sein. Zudem sollten auch die Erwartungen der Schüler bei der Planung mit einbezogen werden. Der Motivationsfaktor der Schüler ist gerade im Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ nicht zu unterschätzen. Um die Motivation und den Spaß an der Bewegung beizubehalten, sollte das Programm möglichst vielfältig und abwechslungsreich aufgebaut sein. Hierbei gibt es etliche Möglichkeiten, das Programm zu variieren, sei es durch örtlichen Wechsel (drinnen, draußen), die Verwen-

dung verschiedener Sportgeräte, unterschiedliche Bewegungsaufgaben, variierende Teamkonstellationen, etc. Wie gesagt, die Liste an Möglichkeiten, die beim „Bewegung und Sport“ Unterricht für Abwechslung sorgen, können ist lang.

Um zum Thema der Arbeit zurückzukommen: Für die Förderung der Entwicklung von kognitiven Funktionen von Kindern und Jugendlichen konnten die angeführten Studien für nötige Aufklärung sorgen. Es ist festzuhalten, dass um langfristige positive Veränderungen in der Entwicklung bei kognitiven Funktionen zu erzielen, die Sporteinheiten mindestens 20 Minuten andauern sollten, mit körperlichen Aktivitäten mittlerer und höherer Intensität. Bezugnehmend auf spezifische sportliche Betätigungen, welche die Entwicklung der kognitiven Fähigkeiten besonders fördern, konnten Messungen beim aeroben Ausdauertraining die größten Effekte feststellen. Trotzdem zeigte ein Rückblick in die Geschichte des Menschen, mit Bezug auf die noch heute vorhandene Genetik, dass speziell eine Kombination aus den motorischen Grundeigenschaften einen unterstützenden Rahmen schafft, um die geistigen Prozesse durch Bewegung anzukurbeln. Für die Praxis hat dies die Bedeutung, dass einerseits ein großer Fokus auf dem Ausdauertraining liegen sollte, andererseits aber auch die Inklusion der anderen motorischen Grundeigenschaften nicht fehlen darf. Daraus lässt sich schließen, dass ein möglichst großes Bewegungsangebot im Sportunterricht geboten werden sollte, welches alle motorischen Grundeigenschaften in einem ausgewogenen Maß miteinbezieht. Dieser Grundgedanke des Aufbaus des „Bewegung und Sport“ Unterrichts korreliert wiederum mit dem Argument, dass ein abwechslungsreicher Sportunterricht die Schüler zur Bewegung motiviert und begeistert. Der Umsetzung dieser Grundgedanken sind gerade im Sport keine Grenzen gesetzt, sodass ein Scheitern geradezu unmöglich ist. Denn es gibt eine unvorstellbare Menge an Bewegungsspielen und Bewegungsaufgaben, die einem Sportlehrer zur Verfügung stehen. Hierbei liegt es in der Verantwortung des Sportlehrers, sich ausgiebig zu informieren, Fachliteratur zu lesen oder auch Ausbildungsseminare zu besuchen. In Jaspers (2008, S. 62-117) Buch wird eine große Übungsreihe von Bewegungsaufgaben vorgestellt, welche speziell die kognitiven Prozesse während der Bewegung mitbeanspruchen und im „Bewegung und Sport“ Unterricht aber auch in Bewegten Pausen gut eingebaut werden können. Ein kleiner Ausschnitt daraus wird im Folgenden erläutert:

Da sich die Übungsbeispiele oft aus einer Kombination der Grundeigenschaften zusammensetzen, wird auf eine strikte Unterteilung in die fünf motorischen Grundeigenschaften verzichtet.

- *Wer stand wo?* (Jasper, 2008, S. 63)

Die Schüler stellen sich in Form eines Vierecks (auch die Anweisung, ein Quadrat oder Rechteck zu formen, wäre möglich) auf. An jeder Seite des Vierecks sollen, wenn möglich, gleich viele Schüler stehen. Alle Schüler müssen sich die Aufstellung kurz einprägen. Wer stand wo? Wer steht mir gegenüber? Wer steht neben mir?

Dann wird Musik abgespielt. Sobald Musik einsetzt, laufen die Schüler im Raum herum. Stoppt die Musik, müssen sich die Schüler so schnell wie möglich auf ihren Platz im Viereck stellen.

Variation 1: Anfangs bleibt alles gleich. Nur bei der erneuten Aufstellung nach Abspielen der Musik wird den Schülern der Auftrag gegeben, dass sich das Viereck um 90° oder 180° gedreht hat.

Variation 2: Diesmal wird der Platz der Schüler beim Neuaufstellen um einen Platz nach links oder rechts verschoben.

Variation 3: Möglich wäre auch, eine andere Form als ein Viereck bei der Aufstellung zu wählen. Die Schüler sollen sich in Form eines Sterns aufstellen.

Variation 4: In der Variation müssen sich die Schüler als Spiegelbild der Grundformation aufstellen. Eine Markierungslinie als Spiegelachse sollte vorgegeben werden.

- *Atomspiel* (Jasper, 2008, S. 64-65)

Alle Schüler laufen zu Musikbegleitung im Raum frei herum. Bei Musikstopp wird eine Zahl angezeigt oder aufgerufen. Beim Aufrufen einer „4“, müssen sich die Schüler so schnell wie möglich in Vierer-Gruppen zusammenfinden. Haben alle eine Gruppe gebildet, geht die Musik weiter und das Spiel startet von neuem.

Variation 1: Statt des Zeigens der Zahl mit den Fingern oder des simplen Zurufens wird ein Schild hochgehalten, auf dem ein Wort steht. Die Schüler müssen die Anzahl der Buchstaben schnell erkennen und sich danach in der entsprechenden Gruppengröße finden. Noch schwieriger wird es, wenn das Wort nur zugerufen wird und die Schüler sich den Schriftzug vorstellen müssen.

Variation 2: Es wird eine Zahl zwischen 1 und 12 genannt. Die Zahl, die zugerufen wird, steht für einen Monat. Die 5 steht für den Mai, 8 für den August usw. Diesmal müssen sich nur die

BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen

Schüler zusammenfinden, die in diesem Monat geboren sind. Alle anderen bewegen sich weiter im Raum.

Variation 3: Diesmal werden beliebige Merkmale vorgegeben. Bei der Haarfarbe müssen sich die Schüler zum Beispiel je nach ihrer Haarfarbe zusammenfinden. Weniger eindeutig wären die Körpergröße oder die Schuhgröße.

- *Roboter* (Jasper, 2008, S. 66)

Die Schüler werden in Paare eingeteilt. Ein Partner steht vorne, der andere hinter ihm. Der Vordere ist der Roboter der von dem dahinter Stehenden nonverbale Anweisungen bekommt. Die Partner können sich eigene Signale ausmachen, durch Tippen auf die Schulter, auf den Kopf usw. Nach einiger Zeit werden die Rollen gewechselt.

Variation 1: Die Roboter müssen die Augen geschlossen halten.

Variation 2: Der Steuermann legt die Hände auf die Schultern des Roboters und gibt die Signale durch Druck vor.

Variation 3: Die Schüler finden sich in Dreiergruppen wieder. Diesmal sind einem Steuermann zwei Roboter zugeteilt. Die Roboter starten Rücken an Rücken und gehen in die entgegengesetzte Richtung los. Ziel ist es, die Roboter wieder zusammenzuführen, sodass sie sich gegenüber stehen. Geraten die Roboter an ein Hindernis, eine Wand zum Beispiel, müssen sie solange dort stehen bleiben, bis der Steuermann eine neue Richtung vorgibt. Besonders für den Steuermann ist diese Version sehr laufintensiv.

- *Gemischter Buchstabensalat* (Jasper, 2008, S. 68-69)

Vor dem Spielstart muss sich der Sportlehrer ein langes Wort mit vielen Buchstaben überlegen. Das Wort sollte so viele Buchstaben haben, wie die Anzahl der Schüler. Bei 12 Personen könnte das zum Beispiel „FAHRRADLAMPE“ sein. Bei sehr großen Schülergruppen sollten die Schüler in zwei oder drei Gruppen aufgeteilt werden. Jeder Buchstabe des ausgedachten Wortes muss auf einen Zettel geschrieben werden. Der Zettel sollte mindestens A5 groß sein, sodass die Schüler die Buchstaben lesen können. Jeder Schüler bekommt nun einen Zettel, auf dem ein Buchstabe steht. Anfangs dürfen die Buchstaben für die Schüler nicht sichtbar sein. Nun müssen sich die Schüler im Raum bewegen und laufen. Auf ein Kommando werden die Zettel umgedreht und die Buchstaben werden ersichtlich. Die Schüler schaffen sich anfangs eine Übersicht über die Buchstaben. Danach sollten sie beginnen,

sich in Bewegung in Gruppen zusammenzufinden, sodass ein sinnvolles Wort entsteht. Der Schüler mit „R“ könnte zum Beispiel glauben, dass ein Teil des Wortes „RAD“ sein könnte und muss daher die Schüler mit Buchstaben „A“ und „D“ suchen. Die gefundenen Gruppen sollten dann das Wort zusammensetzen und müssen sich auf die Suche nach anderen Wortgruppen machen. Ein wichtiger Teil des Spiels ist, dass die Schüler ein ausdrückliches Redeverbot haben. Sie dürfen sich nur mit Zeichensprache, Mimik und Gestik verständigen. Die Schüler dürfen auch zu keinem Zeitpunkt stehen bleiben. Kommen die Schüler nicht auf das Wort, kann der Sportlehrer Hilfestellungen geben, wie zum Beispiel den ersten Buchstaben des Wortes benennen.

Variation 1: Statt Buchstaben werden Wörter auf die Zettel geschrieben und es muss der richtige Satz gefunden werden.

Variation 2: Wörter oder Sätze werden in Silben zerlegt. Auf jedem Schild steht nur eine Silbe.

Variation 3: In der Variation werden Bildkarten anstatt der Buchstaben oder Wortschilder ausgeteilt. Die Schüler sollen zusammengesetzte Substantive bilden. Der Schüler mit dem Bild „Sonne“ sucht den Schüler mit dem Bild „Uhr“, sodass sie zusammen die Sonnenuhr ergeben. Danach trennen sich die Schüler wieder und suchen andere mögliche Partnerschaften, wie „Sonne“ und „Schirm“, die zu Sonnenschirm werden.

- *Reaktions- Geschicklichkeits- Staffel* (Jasper, 2008, S. 69-70)

Die Schüler werden in gleich große Teams aufgeteilt. Jedes Team stellt sich in Staffelform auf und bekommt eine vorgegebene Strecke, die es dann zurücklegen muss. Zusätzlich bekommt jedes Team noch einen Schläger (Federball-, Tennis-, Tischtennisschläger oder Ähnliches) und einen Ball. Die Schüler müssen den Ball auf dem Schläger mit ausgestrecktem Arm auf einer vorgegebenen Strecke transportieren. Fällt der Ball während des Laufes herunter, muss der Schüler zurück zur Ausgangsposition und von dort wieder beginnen. Der Unterschied zu einer typischen Staffel ist hier, dass der Transport nicht der Reihe nach durchgeführt wird. Sondern jeder Schüler erhält vor Spielbeginn eine Nummer und der Spielleiter bestimmt, welche Nummer als Nächstes starten darf. Das Team, das als Erstes den Transport komplett durchgemacht hat, hat gewonnen und bekommt einen Punkt.

Variation 1: Den Schülern werden unterschiedliche Fortbewegungsarten beim Balltransport vorgegeben (seitwärts, rückwärts, gebeugt, etc.).

Variation 2: Zwischen den Durchgängen werden den Schülern neue Nummern zugeordnet.

Variation 3: Anstatt eine Zahl zu nennen, werden Rechenaufgaben gestellt, die Zahl des Ergebnisses ist die nächste Nummer beim Transport. Zum Beispiel, $3-4+6=5$, der Schüler mit der Nummer Fünf ist an der Reihe.

- *Arm vibrator (Jasper, 2008, S. 71)*

Die Schüler bekommen die Anweisung, die Arme gestreckt hochzuhalten. In dieser Position sollen sie nun so schnell wie möglich mit ihrem Handgelenk Drehbewegungen ausführen, als ob sie eine Schraube in einer Zimmerdecke eindrehen. Diese äußerst simple Bewegungsaufgabe eignet sich besonders gut zur Gelenkmobilisierung im Sportunterricht, aber auch als kurze Bewegungspause im Regelunterricht. Obwohl diese Übung so unbedeutend scheint, ist sie besonders effektiv. Denn mit Hilfe dieser Übung kann die Hirndurchblutung um circa 30% erhöht werden (Jasper, 2008, S. 71).

- *Hindernisparcours (Jasper, 2008, S. 78)*

Es wird ein Hindernisparcours mit vielen verschiedenen Geräten und Stationen aufgebaut. Die Schüler haben zuerst die Aufgabe, den Hindernisparcours einmal durchzugehen. Dies könnte wie folgt aussehen: Am Start wird einer Linie gefolgt, anschließend müssen sie einen Weichboden überwinden, an den eine Bank anschließt, danach kommt eine Passage mit ausgelegten Bierdeckeln, wobei die Schüler nur auf die Bierdeckel treten dürfen. Dann müssen sie über ein liegendes Tau balancieren, welches zu einem umgedrehten Kastenteil führt, in dem ein zusammengeknülltes Fallschirmtuch ist und durch welches sie waten sollen, etc. Beim Aufbau des Hindernisparcours sind der Kreativität keine Grenzen gesetzt. Besonders empfehlenswert wäre, Geräte aufzubauen, welche die Schüler über variierende Untergründe führen.

Variation 1: Nachdem die Schüler den Parcours einmal selbst durchgegangen sind, werden Teams gebildet. Ein Schüler leitet einen anderen „erblindeten“ Schüler (mit Augenbinden) mit sprachlichen Anweisungen durch den Parcours.

- *Höhlenforschung*

Ähnlich wie beim Hindernisparcours kann auch eine Höhlenforschung gemacht werden. Hierbei wird ein Parcours von einem oder mehreren Sportlehrern aufgebaut, durch den sich ein langes Seil (viele aneinander geknüpfte Seile) zieht. Die Schüler werden vor der Sport-

hale empfangen und bekommen die Anweisung, dass sie heute immer zu zweit als Team in eine dunkle Höhle absteigen werden. Alle Schüler bekommen Augenbinden, um zu „erblinden“. Damit sich die Zweier-Schülerteams in der stockfinsternen Höhle nicht verlieren, werden sie, bevor sie „absteigen“, noch mit einem kurzen Seil an den Händen verbunden. Nun starten sie bereits „erblindet“ beim Halleneingang an dem langen Seil, welches sie durch den ganzen Parcours führen wird. Sie haben die Aufgabe, niemals das Seil loszulassen, da sie sonst in der Höhle verloren sind. Zusammen dürfen sie nun dem Seil folgen und müssen die Höhle blind erforschen. Auch hier kann der Parcours sehr stark variieren, je nach Ausstattung und dem Können der Gruppe. Stationen könnten zum Beispiel sein, sich durch zwei eingespannte Weichböden zu quetschen, durch Bänke zu krabbeln, über einen Kasten zu klettern, in einen Tunnel zu kriechen usw.

Wichtig ist, dass sowohl beim Aufbau des Hindernisparcours als auch bei der Höhlenforschung auf die Sicherheit der Schüler zu achten ist, sodass alle Stationen ausreichend mit Matten abgesichert sind.

- *Bälle, Bälle, Bälle* (Jasper, 2008, S. 90)

Die Schüler stellen sich im Kreis auf. Es wird ein Ball so schnell wie möglich im Kreis durchgegeben. Ständig kommen weitere Bälle ins Spiel hinzu. Dabei sollte die Größe und das Material der Bälle so verschieden wie möglich sein (Medizinball, Tischtennisball, Tennisball, Softball, Luftballon, Fußball, etc.).

Variation 1: Die Bälle werden im Kreis reihum geworfen.

Variation 2: Die Bälle werden ohne vorgegebene Reihenfolge geworfen. Dabei darf es ruhig chaotisch werden, um das Gehirn zu fordern.

Variation 3: Erneut werden die Bälle ohne Reihenfolge im Kreis geworfen. Je nach Art des Balls, muss jedoch in einer bestimmten vorgegeben Art geworfen werden: zum Beispiel, der Medizinball mit beiden Händen von unten, der Tischtennisball mit der linken Hand von oben, der Tennisball mit der rechten Hand unter dem rechten Unterschenkel hindurch, usw.

- *Brainfitness Circuit*

Der hier vorgestellte Brainfitness Circuit setzt sich in großer Anlehnung an Jaspers (2008, S. 108-117) Circuit Training zusammen. Trotzdem sind einzelne Übungen teilweise nach eigenem Befinden modifiziert, da Jaspers (2008, S.108-117) Circuit Stationen auch einige rein

kognitive Aufgaben enthielten, wobei mir persönlich der körperliche Aspekt für den „Bewegung und Sport“ Unterricht fehlte.

Im Gegensatz zu den bisher genannten Übungen, welche immer wieder zwischendurch im „Bewegung und Sport“ Unterricht eingebracht werden können, besteht der Brainfitness Circuit aus mehreren Stationen, die allesamt Bewegung mit gezielten Denkprozessen verbinden und auch innerhalb einer Bewegungseinheit vollständig oder zumindest mit einem Großteil der Stationen eingesetzt werden sollten. Er liefert daher ein Gesamtpaket für eine Bewegungseinheit, um das Gehirn durch körperliche Aktivität mit zu trainieren. Natürlich sind die einzelnen Stationen veränderbar. Der Circuit wird immer zu zweit durchgemacht. Je nach Gruppengröße ist die Anzahl der Stationen anzupassen. Jeder Teilnehmer am Circuit braucht einen Laufzettel (siehe Anhang 1) und einen Stift. Die Stifte könnten bei jeder Station aufgelegt sein, sodass die Schüler die Stifte nicht immer mittragen müssen. Der hier vorgestellte Circuit hat 11 Stationen. An Station 1 starten alle Schüler gemeinsam. Danach teilen sich die Schüler auf die unterschiedlichen Stationen auf. Dies wird im Vorhinein ausgemacht, sodass jedes Paar einer anderen Station zugeteilt ist. Es wird ein bestimmter Zeitrahmen vorgegeben, wie lange die Schüler an einer Station bleiben, bis sie zur nächsten wechseln. Für gewöhnlich brauchen die Schüler um die zwei Minuten pro Aufgabe. Somit brauchen sie pro Station zwischen vier und fünf Minuten mit Partnerwechsel. Für den Wechsel eignet sich besonders gut, Musik zu verwenden, die immer nach fünf Minuten wechselt und dadurch den Stationenwechsel angibt. Ertönt der Wechsel durch ein musikalisches Signal, müssen die Schüler zur nächsten Station wechseln, unabhängig davon, ob sie bei der jeweiligen Station fertig sind oder nicht. Da jeder unterschiedlich lang für das Lösen von Aufgaben braucht, verlangt der Brainfitness Circuit von den Schülern auch nicht, die Aufgaben vollständig zu lösen! Wichtig ist jedoch, dass die Schüler ihre eigenen Laufzettel mit nach Hause nehmen können, sodass sie trotzdem die Chance haben, diese noch zu lösen, wenn sie wollen.

Station 1 Bild- Wand

Auf einer Wand hängt ein großes Plakat mit 20 Bildfeldern mit jeweils einer Zahl (siehe Anhang 2) in einem Feld. Die Schüler müssen sich vor dem Plakat aufstellen, sodass sie das Plakat gut sehen können aber auch Platz zur Bewegung haben. Mit dem Einsetzen der Musik wird gestartet. Die Schüler laufen auf dem Platz und müssen sich die Bilder intensiv einprägen. Ziel ist es, so viele Bilder wie möglich mit den dazugehörigen Zahlen im Gedächtnis zu speichern. Sie haben auch hier zwei Zeiteinheiten zur Verfügung.

Station 2 Klammer-Affen

Für diese Station werden fünf Wäscheklammern und pro Schüler ein „Buchstabenquadrat“ Arbeitsblatt (siehe Anhang 3) benötigt. Im ersten Zeitintervall haben die Schüler die Aufgabe, sich mit den Wäscheklammern zusammenzuklammern und sich dann möglichst schnell gemeinsam fortbewegen. Die Wäscheklammern dürfen nicht verloren gehen! Während des Zeitintervalls sollen die Schüler ständig in Bewegung sein.

Beim zweiten Zeitintervall widmen sich die Schüler dem Buchstabenquadrat Arbeitsblatt. Hier haben sie die Aufgabe, die Wörter, die auf dem Arbeitsblatt versteckt sind, zu erkennen und einzukreisen. Das Arbeitsblatt muss dann mitgenommen werden. Je nach Alter und Können der Gruppe kann das Arbeitsblatt in Liegestützstellung oder auch in Damenliegestützstellung gemacht werden, um das Ganze zu erschweren.

Station 3 Knopf-Loch

Für diese Station werden alte Bettlaken oder Pölsterüberzüge benötigt. Wichtig ist, dass sie viele Knöpfe haben. Auch hier bekommt jede Person erneut ein Arbeitsblatt (siehe Anhang 4).

Im ersten Durchgang versuchen die Schüler so schnell wie möglich, den Bettbezug zuzuknöpfen. Hier könnten die Partner auch gegeneinander antreten. Wer kann schneller alle zuknöpfen oder wieder aufmachen?

Der zweite Durchgang betrifft wieder das Bearbeiten eines Arbeitsblattes. Diesmal finden die Schüler Zahlenspalten, die sie von oben nach unten durcharbeiten sollen und je nach ihrem Muster streichen müssen. Um auch hier etwas Bewegung einzubringen, haben die Schüler die Aufgabe, nach jedem Streichen eines Zahlenmusters einen Strecksprung zu machen.

Station 4 Eimerlauf

Für Station 4 wurden im Vorhinein sieben Plastikkübel oder Markierungshütchen in der Sporthalle verteilt. Unter jedem dieser Kübel/Hütchen befinden sich Buchstabenzetteln, welche zusammen ein Wort ergeben. Dies könnte zum Beispiel RANWODT= TORWAND sein.

Bei Durchgang 1 laufen die Schüler unabhängig voneinander zu den verschiedenen Hütchen, um die Buchstaben herauszufinden. Sie müssen sich die sieben Buchstaben einprägen, da sie sie später für Durchgang 2 nochmal brauchen.

BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen

Bei Durchgang 2 haben sie nun die Aufgabe, mit den sieben Buchstaben Wörter zu bilden. Diese schreiben sie auf ihren individuellen Laufzetteln, welchen sie am Anfang erhalten haben. Nach jedem Aufschreiben eines Wortes müssen sie eine vorgegebene Runde laufen und können währenddessen ein neues Wort überlegen. Sind die Schüler schon älter, könnte die Aufgabenstellung auch sein, dass sie solange die Runden laufen müssen, bis sie erneut ein Wort zum Aufschreiben haben. Hierbei ist die Schwierigkeit, dass sie sich die Buchstaben nur im Kopf vorstellen können ohne sie dabei tatsächlich zu sehen.

Station 5 Teil Stücke

Station 5 benötigt erneut zwei Polyesterüberzüge oder Baumwollbeutel. In einem davon befinden sich viele leere (ohne Minen) auseinandergeschraubte Kugelschreiberteile, in dem anderen ein leichtes Puzzle mit etwa neun Teilen.

Bei der Station arbeiten die Partner im Wechsel. Das heißt: Ein Partner beginnt mit dem Polyesterüberzug mit den Kugelschreibern, der andere mit dem Puzzle. Beim Überzug mit den Kugelschreibern soll der Schüler „blind“, ohne hineinzusehen, die Kugelschreiberteile wieder zusammenzuschrauben. Der zweite Partner versucht währenddessen das Puzzle zu lösen. Am Ende müssen die Schüler die Teile wieder auseinandernehmen. In Periode 2 wird gewechselt.

Station 6 Ball-Probe

Für die sechste Station werden ein Ball (Gymnastikball, Softball, Basketball) und ein Textblatt mit Schreibfehlern hergerichtet. Auch hier wechseln sich die Schüler mit den Aufgaben ab. Die erste Aufgabe ist, den Ball möglichst oft gegen eine Wand zu werfen und zu fangen. Dabei kann der Schüler verschiedene Wurfvariationen (eine Hand, zwei Hände, über Kopf, von unten, etc.) ausprobieren. Bei der zweiten Aufgabe hat der Schüler die Aufgabe, einen Text (siehe Anhang 5) zu lesen, der aus vielen Schreibfehlern besteht. Fast jedes Wort hat Fehler oder enthält kryptische Buchstaben, sodass das Lesen erschwert wird. Während des Lesens des Textes soll der Schüler zusätzlich noch Kniebeugen machen.

Station 7 Tast-Kiste

Bei Station 7 steht ein Pappkarton mit zwei Eingriffsöffnungen bereit, in dem sich 10 verschiedene Gegenstände (Knopf, Radierer, Korken, Spielkarten, Schloss, usw.) befinden. Zudem

liegt bei der Station auch nochmals das Plakat von Station 1 verdeckt auf. Im ersten Zeitintervall soll der eine Schüler in den Pappkarton greifen und versuchen die Gegenstände zu ertasten. Diese soll er sich so gut wie möglich merken, damit er nach der Intervallzeit dazu Notizen auf dem Laufzettel machen kann. Währenddessen darf der zweite Schüler, der die Aufgabe hat Seil zu springen, das Plakat umdrehen und sich die Bilder nochmals intensiv einprägen. Zusätzlich soll der Schüler die Zahlen auf dem Plakat im Kopf addieren und am Ende der Übung am Laufzettel notieren. Bei Zeitintervall Zwei wird gewechselt.

Station 8 Litfaßsäule

Bei der achten Station des Zirkels liegen Zeitungsblätter auf. Für den ersten Durchgang halten sich die Schüler das Zeitungspapier auf den Bauch und beginnen zu laufen. Sie müssen während des ganzen Durchgangs in Bewegung sein, sodass das Papier nicht herunterfällt. Je nach Alter der Gruppe kann das Papier kleiner oder größer gefaltet sein. Je kleiner es ist, desto mehr müssen sich die Schüler bewegen.

Im zweiten Durchgang gehen die Schüler in den Unterarmstütz und haben dann als Aufgaben einen vorgegebenen Zeitungsartikel zu lesen und dabei alle vorkommenden Doppelbuchstaben herausstreichen. Beispiel: **Susanne und Daniel kommen nach Hause.**

Station 9 Knopf-Augen

Für Station 9 wird eine Kiste mit vielen unterschiedlichen Knöpfen gefüllt. Zusätzlich gibt es ein Plakat, welches in circa 20 Meter Distanz von Station 9 aufgelegt ist, auf dem ein Schachbrett mit sieben gekennzeichneten Feldern (siehe Anhang 6) zu sehen ist. Hier arbeiten die Schüler erneut gemeinsam. Aufgabe 1 ist die Kiste mit den Knöpfen auszuleeren, zusammenpassende Knöpfe zu finden und zu sortieren. Bei Aufgabe 2 laufen die Schüler zum Plakat und dann wieder zurück zur Station 9. Zurück bei Station 9 sollen sie auf dem Plakat die gekennzeichneten Felder möglichst genau auf ihrem Laufzettel markieren. Bei fortgeschrittenen Schülern könnten in den gekennzeichneten Feldern zusätzliche Objekte eingezeichnet sein, die sie sich dann merken und auf ihrem Laufzettel dokumentieren müssen.

Station 10 Balance-Akt

Beim Balanceakt werden je nach Können der Schüler Linien, eine umgedrehte Langbank, oder eine umgedreht Langbank auf einem Weichboden aufgebaut. Im ersten Durchgang hat der eine Schüler die Aufgabe, so oft wie möglich über die Langbank zu balancieren ohne dabei herunterzufallen. Dabei sollte er möglichst oft die Richtung wechseln, kann aber auch Drehungen und Schrittländerungen einbauen. Dies ist individuell nach Können zu verlangen. Währenddessen bekommt der zweite Schüler erneut ein Arbeitsblatt (siehe Anhang 7) und hat die Aufgabe, zu genannten Themen die auf dem Zettel stehen, Wörter mit unterschiedlicher Silbenzahl zu finden. Zum Beispiel beim Thema „Regenwetter“ ein Wort mit einer Silbe „nass“, ein Wort mit zwei Silben „Regen“, usw. Als zusätzlicher Balanceakt soll der Schüler auch hier auf einer wackeligen Unterlage stehen. Dies kann eine zusammengerollte Yogamatte sein, ein Halbkugelbrett oder ein Wippe.

Station 11 Seil-Laufen

Wie der Name der Station bereits sagt, werden hier Sprungseile benötigt. In Durchgang 1 sollen die Schüler, wenn möglich, ohne Unterbrechung mit dem Seil springend durch die Halle laufen. Um zusätzliche Motivation und Ehrgeiz zu schaffen, sollen die Schüler die Anzahl der Seildurchschläge zählen. Beim zweiten Durchgang haben die Schüler die Aufgabe, unabhängig voneinander auf ihrem Laufzettel die leeren Felder mit den noch bestehenden Erinnerungen an das Plakat bei Station 1 auszufüllen. Ziel ist, möglichst viele Gegenstände einzuzeichnen, wenn möglich, sogar die dazugehörigen Zahlen.

In diesem Teil der Arbeit wurden also Bewegungsübungen vorgestellt, die einerseits relativ leicht und schnell im Sportunterricht eingebaut werden können, andererseits aber auch die wichtige Voraussetzung erfüllen, die kognitiven Funktionen während der Bewegungseinheiten gezielt mitzutrainieren. Durch den Einsatz dieser Übungen können mit Hilfe von körperlicher Aktivität kognitive Prozesse angeregt und gefördert werden. Die selektierten Übungsvorschläge verdeutlichen zudem nochmals die vielen verschiedenen Möglichkeiten die einem Sportlehrer bei der Planung des „Bewegung und Sport“ Unterrichts zur Verfügung stehen: Sie variieren in der Aufgabenstellung, in der Intensität, beim Einsatz der Materialien und in den Gruppenkonstellationen.

Schlussendlich ist es von großer Bedeutung, als Sportlehrer mit der Wahl der richtigen Unterrichtsmethode und des geeigneten Inhalts, das Hauptziel zu erreichen: die Schüler zum regelmäßigen Sporttreiben zu begeistern und zu motivieren. Denn wie die Arbeit zeigte, stellt allein schon die körperliche Fitness der Schüler, einen der Hauptfaktoren für die Förderung der kognitiven Funktionen dar.

5. Schlussbetrachtung und Fazit

In der vorliegenden Diplomarbeit wurde versucht, mit Hilfe der hermeneutischen Methode die Bedeutung von körperlicher Aktivität und ihr Einfluss auf die Entwicklung der kognitiven Funktionen bei Kindern und Jugendlichen zu klären.

Mit den dargestellten Studienergebnissen konnten zufriedenstellende Erkenntnisse gewonnen werden, was letztendlich zu einer positiven Bestätigung der Hauptforschungsfrage führte.

Studien (Haberer, 2012; Voelcker-Rehage et al., 2013; Cotman et al., 2007) belegen, dass moderne Messungsverfahren bei physiologischen Mechanismen im Gehirn Veränderungen, die durch Bewegung induziert wurden, ausfindig machen konnten. Genauer betrachtet stellte sich heraus, dass drei bedeutende Wachstumsfaktoren, nämlich der vaskulo-endotheliale Wachstumsfaktor (VEGF), der insulinähnliche Wachstumsfaktor (IGF-1) und der brain-derived neurotrophic factor (BDNF) aufgrund von körperlicher Aktivität verstärkt produziert werden, was sich wiederum positiv auf die allgemeine Gesundheit des Gehirns auswirkt.

Weiters konnten positive Veränderungen betreffend der neuronalen Plastizität vorgefunden werden, wodurch gezeigt wurde, dass körperliche Aktivität die Neubildung von Synapsen fördert und somit ein allgemein funktionsfähigeres, neuronales Informationsnetzwerk bildet.

Eine andere Erkenntnis, die gewonnen werden konnte, betraf den für lange Zeit bestehenden Irrglauben, dass die Gehirndurchblutung unabhängig von der des restlichen Körpers, selbstständig ablaufen würde. Neueste Untersuchungen zeigen, dass die Gehirndurchblutung sehr wohl mit dem restlichen Körper in Verbindung steht, sodass bei Testungen, die die Wirkung von Bewegung auf das Gehirn überprüften, eine signifikante Steigerung der Gehirndurchblutung sowie ein verbesserter Gehirnstoffwechsel festgestellt werden konnten (Voelcker-Rehage et al., 2013, S. 23). Dies wiederum hat zur Folge, dass das Gehirn vermehrt mit Sauerstoff versorgt werden kann, wodurch es zu einer erhöhten Denkleistungsfähigkeit gelangt.

Allgemein kann festgehalten werden, dass durch die vorgestellten bewegungsinduzierten physiologischen Veränderungen im Gehirn, die Gedächtnisleistungen und Lernleistungen des körperlich aktiven Menschen profitieren und daher eine erhöhte Leistungsfähigkeit aufweisen.

Zudem wird in der Arbeit hervorgehoben, dass das Gehirn durch Bewegung, neben den vielen positiven physiologischen Veränderungen, nachhaltig positiv beeinflusst wird: Denn die gesundheitlichen Risikofaktoren des Gehirns werden durch Bewegung vermindert. Es gibt wissenschaftliche Beiträge (Cotman et al., 2007, S. 469), die beweisen, dass das Risiko, an

kognitiven Krankheiten wie Alzheimer oder Parkinson zu erkranken, durch Bewegung signifikant gesenkt wird.

Nachdem der allgemeine Einfluss von Bewegung auf das menschliche Gehirn und die damit verbundenen physiologischen Veränderungen geklärt wurde, konnten selektive Studien die Wirkung von körperlicher Aktivität auf die kognitiven Funktionen bei Kindern und Jugendlichen aufzeigen.

Die Studienergebnisse (Castelli et al., 2007; Hollar et al., 2010; Pellicer-Chenoll, 2014; Sibley und Etnier, 2003) demonstrierten, dass die körperliche Fitness der Schüler mit den Schulleistungen positiv korrelieren, sodass Schüler mit höherem Fitnesslevel bessere Schulleistungen vorwiesen als die Schüler mit geringerem. Dies geht auch mit weiteren Testresultaten einher, die zeigten, dass Schüler, die sich regelmäßig oder gelegentlich bewegten, bessere akademische Leistungen in der Schule lieferten, als jene die sich nur wenig oder kaum bewegten.

Ein anderes, äußerst essenzielles Ergebnis brachten Studien, die ein gezieltes Bewegungsinterventionsprogramm im Schulalltag inkludierten. Tatsächlich konnten durch vermehrtes Einsetzen von Bewegungseinheiten, signifikante gesundheitliche Verbesserungen bei den Schülern, wie eine Senkung des Körpergewichts sowie Steigerungen in den Schulleistungen festgestellt werden. Mit diesem Wissen bekommt die Schule eine zusätzliche, sehr bedeutende Rolle zugesprochen. Denn mit dem richtigen Interventionsprogramm könnte die Schule durch „Bewegung und Sport“ Einheiten die Gesundheit und gleichzeitig auch die kognitiven Fähigkeiten der Schüler fördern.

Bei den Überlegungen nach den richtigen Interventionsmaßnahmen von körperlicher Aktivität, um die kognitiven Funktionen bestmöglich zu fördern, ergab sich ein sehr deutliches Ergebnis: Etliche Studien (Castelli et al., 2007; Buck, Hillman und Castelli, 2005; Aberg et al., 2009) berichten von der überzeugenden Wirkung, die beim Ausdauertraining auf die kognitiven Prozesse nachgewiesen werden kann. Während die Bedeutung des aeroben Ausdauertrainings für die Förderung von kognitiven Prozessen in der Literatur gut dokumentiert ist, gibt es bislang nur wenige Untersuchungen, die sich mit dem Einfluss anderer motorischer Grundeigenschaften (Schnelligkeit, Kraft, Beweglichkeit und Koordination) auf die kognitiven Leistungen auseinandersetzen. Hier ist deutlicher Nachholbedarf gegeben und ein Ruf nach weiteren wissenschaftlichen Untersuchungen.

Dennoch konnten Empfehlungen für ein geeignetes Bewegungsprogramm zur Förderung der kognitiven Funktionen gegeben werden, welche wie folgt sind: Die Kinder und Jugendlichen sollten bestenfalls täglich Sporttreiben, mit Bewegungseinheiten mittlerer und höherer Intensität, die länger als 20 Minuten dauern sollten. Wie bereits erwähnt, sollten die Einheiten Elemente des aeroben Ausdauertrainings beinhalten, da die positive Wirkung dieses Trai-

nings auf die kognitiven Prozesse definitiv bewiesen ist. Trotzdem wurde im Zuge der Arbeit auch die Notwendigkeit, andere motorische Grundeigenschaften zu fördern und zu trainieren, diskutiert. Dies führte zu der Auffassung, dass ein ideales Bewegen, um die kognitiven Funktionen zu fördern, aus einer ausgewogenen Kombination aller motorischen Grundeigenschaften besteht.

Schlussendlich führte die Beantwortung der Hauptforschungsfrage zu einer weiterführenden Überlegung, nämlich wie das gewonnene Wissen am besten in die Praxis umgesetzt werden kann. Hierbei war relativ schnell klar, dass in diesem Kontext die Institution Schule herangezogen werden muss. Denn die Schule ist der Ort, der von der breiten Masse der Kinder und Jugendlichen regelmäßig besucht wird und somit auch großen Einfluss auf ihre Entwicklung hat.

Mit Hilfe der Lehrpläne, eines theoretischen Modells, welches den umfassenden Wirkungsbereich des Sports nochmals demonstrierte und einer Analyse des aktuellen Ist-Standes an Österreichs Schulen konnte nochmals geprüft und aufgezeigt werden, dass diese Annahme gerechtfertigt ist, der Schule die wichtige Verantwortung zukommen zu lassen, vermehrte Möglichkeiten für Bewegung im Leben der Kinder und Jugendlichen zu schaffen. Es konnten etliche greifbare Gründe gefunden werden, warum die Institution Schule dringendst Umstrukturierungen vornehmen sollte, um aus der momentanen „Sitzschule“ eine Bewegte Schule zu machen.

Für die Umsetzung dieser Zukunftsvision liefert die Arbeit wichtige Anhaltspunkte, die bei der Implementierung des Konzepts Bewegte Schule beachtet werden sollten. Dazu zählten: Veränderungen in der Pausengestaltung, sodass es täglich fixierte bewegte Pausen für alle Schüler gibt; die Möglichkeit für Schüler auch Ruhe- und Entspannungsphasen während des Schultages zu erfahren; eine besonders auf Bewegung ausgelegte Örtlichkeit mit Bewegungslandschaften, Sportgeräten, etc.; sowie Änderungen im regulären Klassenraum und Regelunterricht, wie zum Beispiel mit dem bewegten Sitzen und bewegten Lernen.

Zu guter Letzt wurden Bewegungsbeispiele vorgestellt, die speziell im Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ eingesetzt werden können. Da dies nur eine kleine Auswahl der unzähligen Möglichkeiten betrifft, die im Sportunterricht angewendet werden können, ist es von großer Bedeutung, dies nur als kleinen Anstoß zu sehen, um Verständnis für notwendige Veränderungen zu erlangen.

Alles in allem soll die Arbeit mit Berichten über den aktuellen neurowissenschaftlichen Forschungsstand dazu verhelfen, erneut die wahre Bedeutung von Bewegung für uns Menschen zu verstehen und somit zu einem Umdenken in unserer immer bewegungsfauler werdenden Gesellschaft führen. Mit dem Fokus der Arbeit auf die Altersgruppe Kinder und Ju-

BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen

gendlichen zwischen 5 und 17 Jahren und den vielen durch Bewegung induzierten positiven und überzeugenden Ergebnissen, rückt die Institution Schule in ein neues Licht und verlangt eine dringende Umstrukturierung.

Denn mit den vorliegenden Erkenntnissen, darf die Integration von Bewegung und Sport im Schulalltag keine Frage der Legitimation mehr sein. Im Gegenteil, mit dem gewonnen Wissen, muss gehandelt werden, sodass die Kinder und Jugendlichen vermehrte Bewegungsmöglichkeiten in der Institution Schule erlangen. Denn mit den geeigneten Änderungen, könnten, wie die Studien zeigen, die Kinder und Jugendlichen gesundheitlich aber auch kognitiv Nutzen tragen.

Bibliographie

- Åberg, M. A. I., Pedersen, N. L., Torén, K., Svartengren, M., Bäckstrand, B., Johnsson, T., Cooper-Kuhn, C. M., Åberg, N. D., Nilsson, M., & Kuhn, H. G. (2009). Cardiovascular fitness is associated with cognition in young adulthood. *PNAS*, 106(49), 20906-20911. doi: 10.1073/pnas.0905307106.
- Anderson, J. R. (1996). *Kognitive Psychologie* (2. Aufl.). Oxford: Spektrum Akademischer Verlag.
- Ashcraft, M. H. & Radvansky, G. A. (2014). *Cognition* (5. Aufl.). Essex: Pearson Education Limited.
- Beck, F. (2014). *Sport macht schlau. Mit Hirnforschung zu geistiger und sportlicher Höchstleistung*. Berlin: Goldegg Verlag.
- Bewegung und Sport AHS. (2015). Lehrpläne der einzelnen Unterrichtsgegenstände BMBF. Zugriff am 21. Oktober 2015 unter https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/bewegungundsport_ust_788.pdf?4dzgm2
- Buck, S. M., Hillman, C., & Castelli, D. (2005). Aerobic fitness influences on Stroop task performance in healthy preadolescent children. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 27(Suppl), 43-44. Zugriff am 29. November 2015 unter <https://univpn.univie.ac.at/+CSCO+0p756767633A2F2F77626865616E79662E75687A6E6178766172677670662E70627A++/AcuCustom/Sitenam/Documents/DocumentItem/7121.pdf>.
- Castelli, D. M., Hillman, C. H., Buck, S. M., & Erwin, H. E. (2007). Physical Fitness and Academic Achievement in Third- and Fifth- Grade Students. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29(2), 239-252. Zugriff am 29. November 2015 unter <https://univpn.univie.ac.at/+CSCO+0p756767633A2F2F77626865616E79662E75687A6E6178766172677670662E70627A++/AcuCustom/Sitenam/Documents/DocumentItem/7336.pdf>.
- 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), 421-320, doi: 10.1080/02640414.2011.647706.
- Chang, Y. K., Labban, J. D., Gapin, J. I., & Etnier, J. L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: A meta-analysis. *Brain Research*, 1453, 87-101. doi:10.1016/j.brainres.2012.02.068.
- Cotman, C. W., Berchtold, N. C. & Chrisite, L. A. (2007). Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation. *TRENDS in Neurosciences*, 30(9), 464-472. doi:10.1016/j.tins.2007.06.011.
- Danner, H. (1989). *Methoden geisteswissenschaftlicher Pädagogik : Einführung in Hermeneutik, Phänomenologie und Dialektik* (2.Aufl.). München: Reinhardt.
- Dordel, S. & Breithecker, D. (2003). Bewegte Schule als Chance einer Förderung der Lern- und Leistungsfähigkeit. *Haltung und Bewegung* 23, S. 5-15. Zugriff am 1. Dezember 2015 unter <http://www.schulebewegt.ch/internet/Schulebewegt/de/home/Grundlagen/literatur.parsys.92723.downloadList.20510.DownloadFile.tmp/dordelbreithecker.pdf>.

BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen

- Ehlers, W. (2007). Psychologische Grundlagen der Psychoanalyse. In W. Ehlers. & A. Holder (Hrsg.), *Psychologische Grundlagen, Entwicklung und Neurobiologie* (S. 59- 169). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Engel, A. K. (1996). Prinzipien der Wahrnehmung: Das visuelle System. In G. Roth & W. Prinz (Hrsg.), *Kopf-Arbeit. Gehirnfunktionen und kognitive Leistungen* (S. 181- 207). Oxford: Spektrum Akademischer Verlag.
- Europäische Informationszentrum für Lebensmittel. EUFIC. (2015). *Grundlagen 06/2006 Körperliche Aktivität*. Zugriff am 17. August 2015 unter <http://www.eufic.org/article/de/expid/basics-korperliche-aktivitat/>.
- Global Health Risks. (2009). *WHO Global health risks: Mortality and burden of disease attributable to selected major risks*. Zugriff am 29. November 2015 unter http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/GlobalHealthRisks_report_part2.pdf?ua=1.
- Haag, H. (2011). Bewegung: Interpretation aus Philosophisch-Anthropologischer Sicht. In M. Scholz & M. Horn (Hrsg.), *Theorie und Praxis des Sports in Schule, Universität und Weiterbildung* (S. 52- 65). Augsburg: ZIEL Verlag.
- Haberer, E. (2012). Active Children- Active Schools. Förderung motorischer und kognitiver Kompetenzen durch körperliche Aktivität. In I. Hunger & R. Zimmer (Hrsg.), *Frühe Kindheit in Bewegung. Entwicklungspotenziale nutzen* (S. 75-79). Schorndorf: Hofmann-Verlag.
- Heinemann, U. & Ehlers, W. (2007). Medizinische Grundkenntnisse: Aufbau des Nervensystems. In W. Ehlers. & A. Holder (Hrsg.), *Psychologische Grundlagen, Entwicklung und Neurobiologie* (S. 171- 182). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Hillman, C. H., Kamijo, K., & Scudder, M. (2011). A review of chronic and acute physical activity participation on neuroelectric measures of brain health and cognition during childhood. *Preventive Medicine*, 52, 21–28. doi:10.1016/j.ypmed.2011.01.024.
- Hillman, C. H. & Schott, N. (2013). Der Zusammenhang von Fitness, kognitiver Leistungsfähigkeit und Gehirnzustand im Schulkindalter. Konsequenzen für die schulische Leistungsfähigkeit. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 20 (1), 33 – 41. doi: 10.1026/1612-5010/a000085.
- Hollar, D., Lombardo, M., Lopez-Mitnik, G., Hollar, T. L., Almon, M., Agatston, A. S. & Messiah, S. E. (2010). Effective Multi-level, Multi-sector, School-based Obesity Prevention Programming Improves Weight, Blood Pressure, and Academic Performance, Especially among Low-Income, Minority Children. *Journal of Health Care for the Poor and Underserved*, 21, 93-108. Zugriff am 1. Dezember 2015 unter https://univpn.univie.ac.at/+CSCO+0075676763663A2F2F7A6866722E7775682E727168++/journals/journal_of_health_care_for_the_poor_and_underserved/v021/21.2A.hollar.html.
- Hötter, K. & Röder, B. (2013) Beneficial effects of physical exercise on neuroplasticity and cognition. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 37, 2243-2257. doi:10.1016/j.neubiorev.2013.04.005.
- Jansen, P. (2014). Macht Bewegung unsere Kinder wirklich schlauer? Neue Erkenntnisse zum Zusammenhang von Bewegung und kognitiven Fähigkeiten bei Kindern und Ju-

- gondlichen. *SportsOrtho Trauma*, 30 (3), 267-273. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.orthtr.2014.02.001>.
- Jasper, B. M. (2008). *Brainfitness* (2. Aufl.). Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Körperliche Aktivität in der Freizeit. (2007). *Österreichischen Gesundheitsbefragung 2006/07*. Zugriff am 17. Oktober 2015 unter: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/gesundheit/gesundheitsdeterminanten/koerperliche_aktivitaet/index.html.
- Labor&Diagnostik. (2013). Neuer Indikator für Insulinresistenz. *Management & Krankenhaus*, 5, S.27. Zugriff am 1. Dezember 2015 unter https://www.wiso-net.de/443/document/MAKR_20130516119.
- Lehrplan der AHS. (2004). *AHS Lehrplan*. Zugriff am 20. Oktober 2015 unter https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/11668_11668.pdf?4dzgm2.
- Lehrplan der Volksschule. (2012). *Gesamte Volksschullehrplan*. Zugriff am 20. Oktober 2015 unter https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_vs_gesamt_14055.pdf?4dzgm2.
- Menzel, R. & Roth, G. (1996). Verhaltensbiologische und neuronale Grundlagen des Lernens und des Gedächtnisses. In G. Roth & W. Prinz (Hrsg.), *Kopf-Arbeit. Gehirnfunktionen und kognitive Leistungen* (S. 239-278). Oxford: Spektrum Akademischer Verlag.
- Österreichische Empfehlungen für gesundheitswirksame Bewegung. (2010). *Nationaler Aktionsplan Bewegung*. Zugriff am 29. November 2015 unter http://www.bmg.gv.at/home/Nationaler_Aktionsplan_Bewegung.
- Pellicer-Chenoll, M., Garcia-Massó, X., Morales, J., Serra-Añó, P., Solana-Tramunt, M., González, L. M., & Toca-Herrera, J. T. (2014). Physical activity, physical fitness and academic achievement in adolescents: a self-organizing maps approach. *Health education research*, 30(3), S. 436-448. doi:10.1093/her/cyv016
- Pfarrhofer, G. (2012). *Kernpunkte neurowissenschaftlicher Erkenntnisse im Zusammenhang zwischen allgemeinen Mechanismen körperlicher Bewegung und kognitiven Funktionen*. Wien: Universität Wien, Institut für Sportwissenschaften.
- Prinz, W., Roth, G., & Maasen, S. (1996). Kognitive Leistungen und Gehirnfunktionen. In G. Roth & W. Prinz (Hrsg.), *Kopf-Arbeit. Gehirnfunktionen und kognitive Leistungen* (S. 3-35). Oxford: Spektrum Akademischer Verlag.
- Reuter, I. & Engelhardt, M. (2010). Kann Sport den Verlust kognitiver Funktionen im Alter verhindern? *SportOrthoTrauma*, 26 (4), 216–226. doi: 10.1016/j.orthtr.2010.10.004.
- Roth, G. (1996) Das Gehirn des Menschen. In G. Roth & W. Prinz (Hrsg.), *Kopf-Arbeit. Gehirnfunktionen und kognitive Leistungen* (S. 119-180). Oxford: Spektrum Akademischer Verlag.
- Schellhammer, S. (2002). *Bewegungslehre. Motorisches Lernen aus Sicht der Physiotherapie*. München: Urban & Fischer Verlag.
- Schneider, S. & Diehl, K. (2014). Mehr als Nebenwirkungen: Ein theoretisches Modell zu den physischen, psychischen und sozialen Wirkungen des Sports. *Sport Orthopädie Traumatologie* 30, 64-70. doi: 10.1016/j.orthtr.2013.11.001.

BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen

Scholz, U. & Ungerer-Röchrich, U. (2013). „Bewegte Schule“- Beitrag zur Gesundheitsförderung. *Public Health Forum* 21(79), S. 22.e1-22.e3.

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. Zugriff am 1. Dezember 2015 unter <https://univpn.univie.ac.at/+CSCO+0p756767633A2F2F77626865616E79662E75687A6E6178766172677670662E70627A++/AcuCustom/Sitenam/Document/Document/tem/2196.pdf>.

Spitzer, M. (2010). *Medizin für die Bildung. Ein Weg aus der Krise*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Spitzer, M: (2012). Geist in Bewegung. Gehirnforschung zur ganzheitlichen Entwicklung von Körper und Geist. In I. Hunger, & R. Zimmer (Hrsg.), *Frühe Kindheit in Bewegung. Entwicklungspotenziale nutzen* (S. 18-41). Schorndorf: Hofmann-Verlag.

Sport ORF. (2012, Dezember). *Rogan Interview*. Zugriff am 24. August 2015 unter <http://sport.orf.at/stories/2157851/2157852/>.

Strätz, R. (2012). Frühkindliche Bildung. Das Wichtige richtig tun. In I. Hunger, & R. Zimmer (Hrsg.), *Frühe Kindheit in Bewegung. Entwicklungspotenziale nutzen* (S. 42-55). Schorndorf: Hofmann-Verlag.

Stundentafel AHS. (2003). *Änderungen der Verordnung der Lehrpläne AHS*. Zugriff am 21. Oktober 2015 unter https://www.bmbf.gv.at/schulen/lehrdr/gesetze_verordnungen/VO_LP_AHS03_9431.pdf?4dzi3h.

Stundentafel BMHS. (2003). *Änderungen der Verordnung der Lehrpläne BMHS*. Zugriff am 21. Oktober 2015 unter https://www.bmbf.gv.at/schulen/lehrdr/gesetze_verordnungen/VO_LP_BMHS03_9432.pdf?4dzi3h.

Thompson, R. F. (2001). *Das Gehirn. Von der Nervenzelle zur Verhaltenssteuerung* (3. Aufl.). Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.

Van Praag, H. (2009). Exercise and the brain: something to chew on. *Trends in Neurosciences*, 32 (5), 283–290. doi: 10.1016/j.tins.2008.12.007.

Voelcker-Rehage, C., Tittelbach, S., Jasper, B. M. & Regelin, P. (2013). *Gehirntraining durch Bewegung. Wie körperliche Aktivität das Denken fördert*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.

Weineck, J. (2004.) *Optimales Training: Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings* (14. Aufl.). Balingen: Spitta Verlag.

Weltgesundheitsorganisation (Hrsg.). (2010). *Global Recommendations on Physical Activity for Health*. Zugriff am 23. August 2015 unter http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44399/1/9789241599979_eng.pdf.

Weltgesundheitsorganisation (Hrsg.). (2015a). *Fact sheet physical activity*. Zugriff am 17. August 2015 unter <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs385/en/>.

BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen

Weltgesundheitsorganisation (Hrsg.). (2015b). *Recommended amount of physical activity*. Zugriff am 17. August 2015 unter http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations/en/.

Weltgesundheitsorganisation Regional Office for Europe (Hrsg.). (2015c). *Physical activity*. Zugriff am 17. August 2015 unter <http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/physical-activity/data-and-statistics>.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Menschliche Gehirn (Thompson, 2001, S. 12).	7
Abb. 2: Schematische Darstellung eines Neurons (Heinemann und Ehlers, 2007, S.178).	9
Abb. 3: Verstärkte Verknüpfung (Spitzer, 2011, zit. n. Pfarrhofer, G. 2012, S. 20).	10
Abb. 4: Schema des menschlichen Gedächtnisses (Thompson, 2001, S. 360).	13
Abb. 5: Module und Verbindungen (Felleman & Van Essen, 1991, zit. n. Spitzer, 2010, S. 61).	14
Abb. 6: Karte der Gehirnrinde (Spitzer, 2002, zit n. Spitzer, 2012, S. 31).	15
Abb. 7: Sensomotorischer Funktionskreis (Schellhammer, 2002, S. 6).	16
Abb. 8: Informationsverarbeitung (Spitzer, 2006, S. 103, zit. n. Spitzer, 2012, S. 35).	17
Abb. 9: Veränderung der Lernfähigkeit (Spitzer 2010, S. 117, zit. n. Spitzer, M. 2012, S. 20)	19
Abb. 10: Ausdauerformen (Hollmann & Hettinger, 1980, zit. n. Weineck, 2004, S. 144).	26
Abb. 11: Neurophysiologische Mechanismen (Haberer, 2012, S. 76).	30
Abb. 12: Einfluss der Wachstumsfaktoren durch Bewegung (Cotman et al., 2007, S. 467). .	31
Abb. 13: Aktivationsniveau und Leistungsfähigkeit (Fischer, Bernd & Dickreiter, 1994, zit. n. Jasper, 2008, S. 24).	33
Abb. 14: Auswirkungen von körperlicher Aktivitäten (Cotman et al., 2007, S. 469).	34
Abb. 15: Karte der entnommenen Werte (Pellicer-Chenoll et al., 2014, S. 440).	42
Abb. 16: Physikalische Aktivität der Schüler (Pellicer-Chenoll et al., 2014, S. 442).	43
Abb. 17: Veränderungen in den vier Jahren (Pellicer-Chenoll et al., 2014, S. 444).	44
Abb. 18: Studiendesign (Åberg et al., 2009, S. 20907).	50
Abb. 19: Ergebnisse: Ausdauer und Kraft (Åberg et al., 2009, S. 20907).	51
Abb. 20: Veränderungen in der kardiovaskulären Fitness (Åberg et al., 2009, S. 20909).	53
Abb. 21: Modifizierter Flanker-Test (Chaddock et al., 2012, S. 424).	55
Abb. 22: Testungszeitpunkt und Bewegungsintensität (Chang et al., 2012, S. 95).	61
Abb. 23: Wirkungen des Sports (Schneider & Diehl, 2014, S. 66).	71
Abb. 24: Entwicklungskreislauf (BZga, 2010, zit. n. Ungerer-Röhrich und Scholz, 2011, S. 236).	79

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Homogenitätstest und Post Hoc Analyse (Sibley und Etnier, 2003, S. 249-250).....	46
Tab. 2: Intelligenztestergebnissen (Åberg et al., 2009, S. 20908).....	52
Tab. 3: Auswirkungen kardiovaskulärer Fitness (Åberg et al., 2009, S. 20910).	54

Anhang

Anhang 1: Laufzettel (Jasper, 2008, S. 148)

Der Brainfitness circuit - Denken und Bewegen an 1 + 10 Stationen Laufzettel																																																		
Name: _____																																																		
Station 1: Bild-Wand 1. Gehen/Walken/Laufen am Platz 2. 20 Bilder einspeichern, ggfs. mit Zahlen Station 2: Klammer-Affen 1. Als zusammengeklammertes Paar fortbewegen 2. Wörter im Buchstabenquadrat finden Station 3: Knopf-Loch 1. So viele Knöpfe wie möglich schließen 2. Zahlenmuster streichen Station 4: Eimerlauf 1. Sieben unter Eimern liegende Buchstaben erlaufen 2. Buchstaben hier zuerst aufschreiben und dann sortieren: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> </table>															<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> </table> Station 10: Balance-Akt 1. Über eine Langbank oder Linie balancieren, dabei möglichst viele Richtungswechsel, ohne das Gerät zu verlassen 2. Wörter mit passender Silbenzahl zum Thema X finden und hier eintragen: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 50px; text-align: center;">1 Silbe</td><td style="width: 150px;"></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2 Silben</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3 Silben</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4 Silben</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">5 Silben</td><td></td></tr> </table>																										1 Silbe		2 Silben		3 Silben		4 Silben		5 Silben	
1 Silbe																																																		
2 Silben																																																		
3 Silben																																																		
4 Silben																																																		
5 Silben																																																		
Station 5: Teil-Stücke 1. „Blind“ Kugelschreiber zusammenschrauben 2. Puzzle legen Station 6: Ball-Probe 1. Ball an die Wand werfen und fangen 2. Text mit Schreibfehlern lesen Station 7: Tast-Kiste 1. Gegenstände ertasten und hier aufschreiben: <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%;"></div> 2. Plakat „Bild-Wand“ noch einmal intensiv betrachten und die Zahlen in den 20 Feldern addieren. Ergebnis: _____	Station 11: Seil-Laufen 1. Seil-Laufen und Anzahl der Seil-Durchschläge mitzählen 2. So viele der 20 Bilder wie möglich erinnern und an der richtigen Position im Schema eintragen, falls möglich, mit den dazugehörigen Zahlen: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> </table>																																																	
Station 8: Litfasssäule 1. Mit Zeitungsblatt vor der Brust fortbewegen, ohne dass dies hinunterfällt 2. In einem Zeitungsartikel alle Doppelbuchstaben streichen Station 9: Knopf-Augen 1. Knöpfe zu Paaren und Drillingen sortieren 2. Schachbrett-Muster ca. 10 Sekunden ansehen, dann aus dem Kopf hier übertragen: <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #add8e6; border: 1px solid black; margin: 5px 0;"></div>																																																		

Anhang 2: Bildfelder Plakat (Jasper, 2008, S. 149)



Anhang 3: Buchstabenquadrat (Jasper, 2008, S. 150)

Buchstabenquadrat

Folgende Wörter sind im Buchstabenquadrat waagerecht, senkrecht und diagonal, vorwärts und rückwärts versteckt:

Turnen, Symbol, Gehirn, Aufgabe, Training, Geist, Bewegung, Wort, Verein, Denken, Gleichgewicht, Kurzspeicher, Fitness, Zahl, Laufen, Bild.

Finden Sie die Wörter und kreisen Sie sie ein!

D	E	W	O	R	T	M	O	L	S	Ü	X	T
U	Z	W	Q	B	R	C	A	O	M	W	S	E
F	Y	D	I	K	A	S	T	B	Ä	V	B	L
S	S	E	N	T	I	F	D	M	G	O	H	P
B	L	O	M	Y	N	L	D	Y	T	A	T	A
E	R	E	H	C	I	E	P	S	Z	R	U	K
W	N	C	I	B	N	O	Z	Y	S	F	R	O
E	E	S	V	K	G	K	M	U	G	E	N	K
G	F	G	E	H	I	R	N	A	U	L	E	W
U	U	N	R	H	J	P	B	Ö	G	F	N	A
N	A	J	E	D	S	E	I	F	Z	T	Y	B
G	L	E	I	C	H	G	E	W	I	C	H	T
R	U	V	N	T	S	I	E	G	R	W	I	N

BrainSport: Die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Entwicklung kognitiver Funktionen bei Kindern und Jugendlichen

Anhang 4: Zahlenmuster (Jasper, 2008, S. 151)

Zahlenmuster streichen			
Beispiel			
962 123 237 349 438			
Spalte 1	Spalte 2	Spalte 3	Spalte 4
985	183	398	329
498	985	498	293
387	091	871	209
853	109	583	409
490	291	928	395
402	964	307	555
218	349	295	517
258	472	390	605
309	309	406	209
877	485	086	398
908	984	290	294
219	298	234	460
098	298	583	298
971	089	409	371
290	857	089	743
593	395	498	456
875	345	222	345
358	847	624	239
583	984	205	490
209	456	345	989
108	349	984	345
394	348	457	309
309	853	982	724
093	982	345	982
938	973	728	803
198	298	340	348
309	345	540	308
892	793	340	809
837	398	490	345
530	456	793	364
987	345	862	503

Anhang 5: Schreibfehler (Jasper, 2008, S. 153)

Schreibfehler

Im folgenden Text von Eugen Roth sind viele Schreibfehler enthalten. Versuchen Sie trotzdem, ihn zu lesen! Ersetzen Sie dabei jedes Symbol durch einen Buchstaben.

Die Hunde

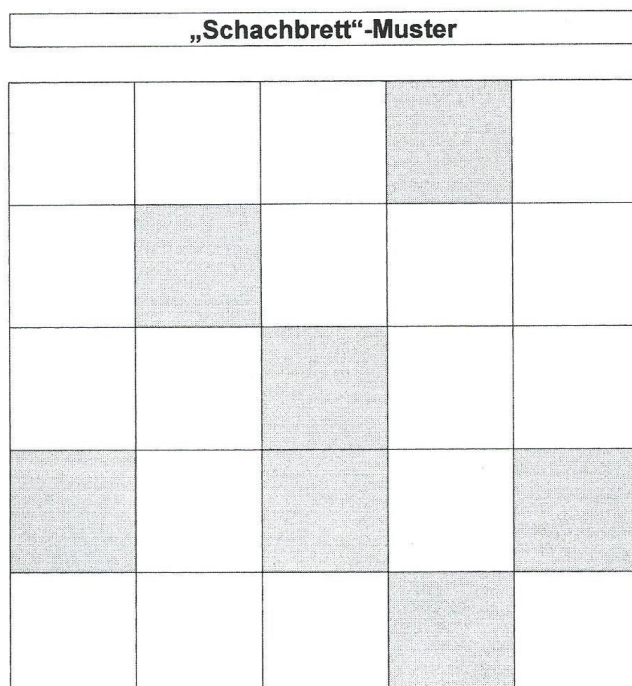


Von Wölf und Fuchs, nicht ohne
Gründ,
Kommt man gewöhnlich auf der
Hut.
Auch vom Schakal solln wache
stammen,
Was wieder andre streng ver-
dammen.
Doch wofürs beßern Urhund schän,
wäre später:
Nicht im Meer kinnnt man seine
Väter.
Der Hund, so wie er heute ist,
Ist ein Geschöpf der Menschheit.
Er wurde im Meer ne gekreuzt,
Das Ohr gestutzt, der Schanz
geschneuzt.
Die Schärferigkeit, die er
geschildert,
Erhöht sich, weil der Hund
verwildert
Und mit der Steppe dreileben
Sendling

Nun wieder Blendling zeugt um
Blindling.
Während ist es der Kreuzung
Macht,
Wenn sie der Mensch bezaht,
bewacht:
Doch wache, wenn sie losgelassen,
Die Gassigher, auf die Gallien,
Weder freche fremde Kötter
Herzu drängt sich als Schwerenöter.
Gelingt die unverhoffte Flucht mal,
Dan ist's vorüber mit der
Zuchtwahl!
Es kommt zu Spitz-
dachspitzdelpinschen
Unsolchem Zeu, die sie nicht
wünschen.
Bekannt als Promena-
denmschung, -
Der Mensch missgönnt die
Heizerfrischung
Dem Hund, wie umgekehrt geäu
Der Liebesspärchen der Wauau.
Wach schwankend, auch, verhält im
Grunde
Der Mensch sich selber geüen
Hunde.
Euen Reth

aus: Eugen Roths Kleines Tierleben

Anhang 6: Schachbrett (Jasper, 2008, S. 154)



Anhang 7: Passende Silbenzahl (Jasper, 2008, S. 155)

Passende Silbenzahl

Hier geht's um Wörter mit passender Silbenzahl. Zu jedem Thema ist ein Wort mit einer Silbe zu finden, eines mit zwei, drei ... bis zu fünf Silben. Füllen Sie die Linien mit beliebigen Wörtern passender Silbenzahl – das Thema steht jeweils darüber!

Beispiel: Fahrrad

1 Silbe	2 Silben	3 Silben	4 Silben	5 Silben
Schlauch	Sat-tel	Dy-na-mo	Si-cher-heits-schloss	Ge-päck-hal-te-gurt

Regenwetter	_____	_____	_____	_____
Kirche	_____	_____	_____	_____
Juwelier	_____	_____	_____	_____
Fußball	_____	_____	_____	_____
Bauernhof	_____	_____	_____	_____
Wäschewaschen	_____	_____	_____	_____
Politik	_____	_____	_____	_____
Kinderspielzeug	_____	_____	_____	_____
Insekten	_____	_____	_____	_____
Fernsehen	_____	_____	_____	_____