



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

**„*Vital4Brain* im Mathematikunterricht –
eine Untersuchung der Wirkung des Programms
Vital4Brain auf die mathematischen und kognitiven
Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern“**

verfasst von / submitted by

Nina Voit, BEd

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Education (MEd)

Wien, 2020

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Betreut von / Supervisor:

UA 199 500 520 02

Masterstudium Lehramt Sek (AB)
UF Bewegung und Sport
UF Mathematik

Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Stefan Götz

Abstract

Die Wichtigkeit der Themen Aufmerksamkeit und Konzentration in der Schule sind unumstritten. Eine gewisse Aufmerksamkeitsspanne und Konzentrationsfähigkeit bilden die Basis für ein erfolgreiches Lernen. Heutzutage sind viele diesbezügliche Mängel bei Schülerinnen und Schülern zu bemerken, welche besonders durch den Lebenswandel der letzten Jahrzehnte und die veränderten Lebensbedingungen zu erklären sind. Die Mathematik ist eine Disziplin, in der ein hohes Maß an Konzentration gefordert wird und diesbezügliche Fähigkeiten zum Erfolg führen.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Frage, ob die Konzentrationsfähigkeit von Schülerinnen und Schülern mithilfe des Bewegungsprogramms *Vital4Brain* trainiert und mathematische und kognitive Leistungen dadurch verbessert werden können. Zunächst werden Thematiken der Aufmerksamkeits- und Konzentrationsfähigkeit sowie deren Mängel im Schulalltag behandelt. In einem weiteren Kapitel wird der Begriff „Neurodidaktik“ aufgegriffen und eine Verbindung zu einem neurobiologischen Lernverständnis geschaffen sowie der Zusammenhang von Bewegung und Lernen erläutert.

Im empirischen Teil dieser Arbeit wird die Effektivität des Programms *Vital4Brain* auf die mathematischen und kognitiven Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern untersucht. *Vital4Brain* ist ein Bewegungsprogramm mit koordinativ herausfordernden Übungen, welches während des Unterrichts eingesetzt werden kann und für eine verbesserte Lern-, Denk- und Konzentrationsfähigkeit sorgt. Im Zuge der Untersuchung wurden 198 Schülerinnen und Schüler aus drei verschiedenen Schulstufen in Kontroll- und Interventionsklassen eingeteilt und die Effektivität des Programms mithilfe von Prä- und Posttestungen festgestellt. Die regelmäßigen Interventionen des Programms *Vital4Brain* zeigten in jedem Teilbereich ihre Wirkung. Die Schülerinnen und Schüler der Interventionsklassen konnten bei der Posttestung verbesserte Ergebnisse erzielen und deutliche Leistungssteigerungen aufzeigen.

Danksagung

Diese Zeilen gelten all jenen Menschen, welche einen großen Anteil an dem Abschluss meines Studiums haben. Ich möchte mich bei meiner Familie und meinem Umfeld bedanken, welche mich stets unterstützt und optimale Voraussetzungen geschaffen haben. Auch meinen Studienkolleginnen und -kollegen möchte ich für diese Zeit danken, in der wir gemeinsame Herausforderungen bewältigt und uns gegenseitig beigestanden haben.

Ein besonderes Dankeschön gilt meinem Betreuer Herrn Professor Götz für die hervorragende Betreuung und die Unterstützung all meiner Vorhaben und Forschungsideen.

Vielmals möchte ich mich auch bei den Personen bedanken, die an der Durchführung meiner Forschung beteiligt waren. Vielen Dank an die Lehrkräfte, welche ihre Unterrichtsstunden an mein Forschungsvorhaben angepasst haben und an die Schülerinnen und Schüler, welche sich auf das Projekt eingelassen und tatkräftig mitgemacht haben.

Ein großer Dank geht an den Direktor Dr. Werner Schwarz, welcher es mir ermöglichte meine Forschung an seiner Schule durchzuführen und mich sowohl organisatorisch, als auch fachlich unterstützte.

Zu guter Letzt möchte ich einer Person meinen besonderen Dank aussprechen. Meiner Mama. Während meines gesamten Studiums hat sie bei jeglichen Leistungsnachweisen mitgezittert, immer die richtigen Worte gefunden, mich stets motiviert Lösungen für Herausforderungen zu finden und mich mein Leben lang unterstützt. Danke!

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Forschungsstand und Hypothesenbildung	3
3. Aufmerksamkeit und Konzentration in der Schule.....	5
3.1. Begriffsbestimmung.....	5
3.2. Konzentrations- und Aufmerksamkeitsmängel in der Schule	8
3.3. Konzentrations- und Aufmerksamkeitsmängel im Mathematikunterricht.....	13
4. Neurodidaktik.....	16
4.1. Die Entstehung des Begriffs „Neurodidaktik“	16
4.2. Abgrenzung und Einordnung der Neurodidaktik.....	18
4.3. Der technische Fortschritt und die Neurodidaktik.....	22
4.4. Ein verändertes Lernverständnis als Basis der Neurodidaktik	23
4.5. Die Neurowissenschaft hinter der Neurodidaktik.....	24
4.6. Das Zusammenspiel von Bewegung und Neurodidaktik.....	27
5. Das Bewegungsprogramm „Vital4Brain – Bewusst bewegen. Besser lernen.“	32
5.1. Vorstellung des Programmes.....	32
5.2. Programmstruktur	32
5.3. Umsetzung in der Schule	33
5.4. Vorstellung einer Vital4Brain Einheit	34
6. Empirische Untersuchung	38
6.1. Datengrundlage.....	38
6.2. Ergebnisse.....	48
6.3. Interpretation und Diskussion	67
7. Zusammenfassung	72
8. Literaturverzeichnis	74
9. Anhang	79

1. Einleitung

Die Schule ist ein Ort, an dem ein hoher Grad an Konzentration und Aufmerksamkeit von den Schülerinnen und Schülern gefordert wird. Hier wird Wissen vermittelt, verarbeitet und gefestigt. Um dies effektiv umsetzen zu können, bedarf es bestimmter Bedingungen, welche eine gute Konzentrationsfähigkeit und eine günstige Aufmerksamkeitsspanne gewährleisten.

Wie oft haben wir selbst in unserer Schulzeit die Aufforderung „konzentriere dich“ gehört oder es selbst als Unterrichtende in den Mund genommen. Schon seit jungen Jahren begleitet uns der Begriff der Konzentration, wobei dieser oft nicht sinngemäß verstanden oder eine dementsprechende Aufforderung schwer umgesetzt werden kann. Vor allem Mathematik ist ein Fach, welches ein enormes Maß an Aufmerksamkeit und Konzentration fordert, um den Lerninhalten zu folgen, diese zu verstehen und anwenden zu können. Nicht nur Lehrpersonen, sondern auch die Eltern bemerken immer mehr Mängel dieser Fähigkeiten bei ihren Kindern. Auch Schülerinnen und Schüler selbst geben zu, sich häufig von den Worten ihrer Lehrpersonen berieseln zu lassen und nicht die Motivation für ein konzentriertes Folgen der Unterrichtsinhalte aufbringen zu können, da der Schultag zu lange und die Anforderungen zu umfangreich sind.

Um dem entgegenzuwirken und den Schülerinnen und Schülern einen effektiven Unterricht zu ermöglichen wurde das Bewegungsprogramm „Vital4Brain“ ins Leben gerufen. Vital4Brain ist laut Gründer Dr. Werner Schwarz ein „Programm von koordinativ herausfordernden Bewegungsaufgaben“ (Schwarz, 2012), welches während des Unterrichts im Klassenzimmer durchgeführt werden kann. Es soll diesen für kurze Zeit mit auflockernden und aktivierenden Übungen unterbrechen, um anschließend für vermehrt Konzentration in der Stunde zu sorgen.

Das Programm *Vital4Brain* wird von Jahr zu Jahr gefragter und begeistert sowohl Schülerinnen und Schüler, Lehrpersonen und Eltern in ganz Österreich und über dessen Grenzen hinaus. Aufgrund der hohen Notwendigkeit von Konzentration und Aufmerksamkeit im Unterrichtsfach Mathematik, lege ich meiner Forschung folgende Forschungsfrage zugrunde:

Hat die regelmäßige Anwendung des Programms Vital4Brain eine positive Wirkung auf die Konzentrationsleistung im Mathematikunterricht?

Im Zuge meiner Masterarbeit soll die Wirkung des Programms *Vital4Brain* im Mathematikunterricht empirisch untersucht werden. Es werden Testungen in einigen Klassen

verschiedener Schulstufen vor und nach einer Interventionsphase durchgeführt und die Veränderung der Werte evaluiert.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in zwei große Inhaltsbereiche. In den ersten Kapiteln wird literaturgestützt auf die Themen *Konzentration* und *Aufmerksamkeit* und deren Mängel in der Schule eingegangen, sowie der Begriff „Neurodidaktik“ eingeführt. Darauf aufbauend wird das Programm *Vital4Brain* in dem letzten theoretischen Kapitel erläutert. Das sechste Kapitel beschäftigt sich mit der empirischen Erhebung, welche im Zuge dieser Arbeit durchgeführt wurde. Hier werden Vorgangsweise, Ergebnisse, Interpretation und alle wesentlichen Folgerungen thematisiert.

2. Forschungsstand und Hypothesenbildung

Es gibt bereits etliche Studien und Erkenntnisse, welche die Effektivität von Lernen im Zusammenhang mit Bewegung belegen.

Schon der Gründer des Programms *Vital4Brain* weist in der Publikation „Lernen und Bewegung – Schlaglichter auf den aktuellen Forschungsstand“ auf eine bereits größere Menge an Erkenntnissen zu diesen Themen hin. Hier werden die Zusammenhänge von Lernen und Training, Lesen und Sport, Lernen und Gehirn, Lernen und Gedächtnis, Lernen und Bewegung und zuletzt die Termini *Aufmerksamkeit* und *Konzentration* diesbezüglich erklärt und thematisiert (Beer & Schwarz, 2012).

Die Sportwissenschaftlerin Laura Walk führt in ihrem Werk „Bewegung formt das Hirn“ (Walk, 2011) die neuesten Erkenntnisse der Gehirnforschung, welche mit dem Lernen und der körperliche Bewegung in Verbindung stehen, an. In den letzten Jahren konnte aufgrund moderner Untersuchungstechniken Korrelationen zwischen Bewegung und Lernen erforscht werden, wodurch eine neue Fachrichtung der Gehirnforschung entstanden ist, „die Bewegungsneurowissenschaft“ (Walk, 2011, S. 27). Physische Betätigungen führen demnach nicht nur zur Neubildung von Kapillaren im Gehirn, sondern auch zur Neubildung von Neuronen. Es wurde ebenso bewiesen, dass Bewegung die Durchblutung betroffener Gehirnareale erhöht, was die Neubildung und Vernetzung der Nervenzellen anregt (Walk, 2011).

Unter der Beteiligung Walks wurde am Transferzentrum für Neurowissenschaften und Lernen (ZNL) in Ulm, Deutschland, eine Studie zur Konzentrationsleistung in Verbindung mit körperlicher Aktivität durchgeführt. Diese belegt, dass sich Schülerinnen und Schüler nach einer 30-minütigen sportlichen Betätigung weniger ablenken ließen und Störreize besser unterdrücken konnten (Stroth, Kubesch, Dieterle, Ruchow, Heim & Kiefer, 2009).

Eine weitere Studie am NZL konnte ähnliche Zusammenhänge aufzeigen. Diese besagt, dass körperliche Aktivität nicht nur die Gesundheit, sondern auch kognitive Funktionen effektiv begünstigt. In dieser Studie wurden fitte und weniger fitte Jugendliche getestet, wobei die Jugendlichen mit einer besseren körperlichen Fitness ein wesentlich höheres Bereitschaftspotential, effizientere exekutive Kontrolle sowie verbesserte Aufmerksamkeitsprozesse auswiesen. Diese Faktoren führen zu einer verbesserten kognitiven Verarbeitung, welche durch Bewegung und Sport hervorgerufen wurde (Kubesch et al., 2009).

Zu dem in dieser Arbeit behandelten Programm *Vital4Brain* existiert bereits eine Studie, welche dessen positive allgemeine Wirkung im Schulalltag belegt. In der Studie „Vital4Brain – bewege dich schlau“ von Beer, Nikl & Schwarz (2012) wurde ein Zusammenhang von Koordinationsübungen und Konzentration mittels einer empirischen Studie an zwölf Schulklassen beforscht. Die Autoren konnten eine signifikante Steigerung der Konzentrationsleistungsfähigkeit aufgrund regelmäßig durchgeführter Bewegungseinheiten verzeichnen (Beer, Nikl & Schwarz, 2012).

Die aktuelle Studienlage zu den Themen Konzentration und Aufmerksamkeit im Allgemeinen ist umfangreich. Besonders in den letzten Jahrzehnten hat die neurowissenschaftliche Forschung im schulischen Bereich an Bedeutung gewonnen. Im Jahr 1988 wurde der Begriff „Neurodidaktik“ erstmals erwähnt, welcher von dem Mathematikdidaktiker Gerhard Preiß eingeführt wurde (Becker, 2006) und als Brücke zwischen den Erziehungswissenschaften und den Neurowissenschaften bezeichnet wird (Folta-Schoofs & Ostermann, 2019). Untersuchungen zu dieser Thematik spezifisch im Mathematikunterricht sind rar zu finden.

Der derzeitige Forschungsstand liefert eindeutige Ergebnisse bezüglich eines positiven signifikanten Zusammenhangs zwischen Bewegung und Lernen. Erkenntnisse oder Studien zur Durchführung von *Vital4Brain* im Fach Mathematik sind derzeit noch keine bekannt, genauso wenig wie die Auswirkung des Programms auf die unterschiedlichen Schulstufen. Auf Basis dieser Fakten stütze ich die Formulierung folgender Hypothesen:

H₁: Die regelmäßige Durchführung des Programms *Vital4Brain* während des sechswöchigen Forschungszeitraums führt zu verbesserten Ergebnissen bei Aufgaben, welche eine zwei- und dreidimensionale Vorstellungskraft fordern.

H₂: Die regelmäßige Durchführung von *Vital4Brain*-Einheiten während des sechswöchigen Forschungszeitraums zeigt eine Verbesserung der Konzentrationsleistung bei geistiger mathematikspezifischer Tempoarbeit auf.

H₃: Die Anwendung des Programms *Vital4Brain* während des sechswöchigen Forschungszeitraums verzeichnet keine unterschiedlichen Resultate zwischen den verschiedenen Schulstufen.

H₄: Die Anwendung des Programms *Vital4Brain* während des sechswöchigen Forschungszeitraums verzeichnet in jeder Schulstufe verbesserte Ergebnisse der Interventionsklassen, im Gegensatz zu den jeweiligen Kontrollklassen.

3. Aufmerksamkeit und Konzentration in der Schule

Schule wird von Planke als „Mittel zur Erreichung von Zielen“ (Planke, 2010, S. 45) beschrieben. Um diese Ziele erreichen zu können bedarf es einiger kognitiver Voraussetzungen. Die Rede ist unter anderem von den Aufmerksamkeits- und Konzentrationsfähigkeiten der Schülerinnen und Schüler, welche laut Vogel (2008) von den meisten Lehrkräften vorausgesetzt werden. Diesen Fähigkeiten wird eine beachtliche Bedeutung für einen funktionierenden Unterricht und effektives Lernen zugeschrieben und tragen einen großen Beitrag zum Erreichen der von Planke (2010) angesprochenen Ziele bei Vogel (2008).

3.1. Begriffsbestimmung

Die Begriffsbestimmung der beiden Begriffe „Aufmerksamkeit“ und „Konzentration“ ist nicht einfach. In der Literatur gibt es verschiedene Meinungen, wie diese Termini definiert werden sollen, beziehungsweise ob die Begriffe als Synonyme verwendet werden können. Es gibt unterschiedliche Ansätze, welche das Erstellen einer einheitlichen und allgemein anwendbaren Definition erschweren. In diesem Kapitel wurden einige Definitionsversuche und Erklärungsmodelle zusammengetragen und eine Begriffsbestimmung für den weiteren Verlauf dieser Arbeit festgelegt.

Eine weitreichende Definition legt Lörincz-Markl (1985) dar. Diese bezeichnet Aufmerksamkeit als ein „psychologisches Konstrukt“ (Lörincz-Markl, 1985, S. 1), welches nicht direkt beobachtet werden kann. Man kann lediglich aus Indizien Schlüsse ziehen und Auffälligkeiten bezüglich eines veränderten Verhaltens zuordnen. In der Alltagssprache werden die Begriffe „Aufmerksamkeit“ und „Konzentration“ laut der Autorin sehr allgemein verwendet. Als Grund für diese vielfältige Verwendung und Auslegung dieser Begriffe nennt Lörincz-Markl (1985) noch fehlende theoretische und wissenschaftliche Konzepte des Gesamtkonstrukts. Auf diese Definitions- und Klassifikationsproblematik weisen mehrere Werke hin (Lörincz-Markl, 1985).

So vermerkt Jannsen (1991), dass diese beiden Begriffe in einigen Werken als Synonyme verwendet werden, in anderen Werken wird zwischen den beiden Begriffen unterschieden (Jannsen, 1991).

Einige Autoren sind sich einig, die Bedeutung der Begriffe Aufmerksamkeit und Konzentration als ident aufzufassen. Demnach behauptet Marschner (1980): „Konzentration,

Aufmerksamkeit oder Vigilanz können als Synonyme für ein und dasselbe Konstrukt verstanden werden [...]“ (Marschner, 1980, S. 15 f.).

Auch Büttner & Schmidt-Atzert (2004) nennen in ihrem Werk „Diagnostik von Konzentration und Aufmerksamkeit“ einige Gründe, warum es sinnvoll sei „die Begriffe unter einem Dach zu vereinen“ (Büttner & Schmidt-Atzert, 2004, S. 4). So sei eine Vereinheitlichung zum einen die Möglichkeit einer sparsamen Verwendung der Begriffe, zum anderen zeigen Konzentrations- und Aufmerksamkeitstests sehr ähnliche Ergebnisse und dabei hohe Zusammenhänge auf. Eine Untersuchung der Autoren zeigt jedoch, dass die beiden Begriffe in der Alltagssprache dennoch häufig getrennt verwendet werden. Probanden wurden gebeten gewisse Alltagssituationen in Bezug auf die auftretende Konzentration und Aufmerksamkeit zu bewerten. Hier resultierte eine eindeutige Differenzierung zwischen den beiden Begriffen. Demnach sei laut den Autoren der Sprachgebrauch von Laien nicht mit dem einiger Experten gleichzusetzen (Büttner & Schmidt-Atzert, 2004, S. 4 f.).

Die Autoren Ansorge & Leder (2011) bringen den Terminus *Aufmerksamkeit* nicht mit dem Begriff *Konzentration* in Verbindung. Diese definieren Aufmerksamkeit gesondert als „Selektivität der Wahrnehmung“ (Ansorge & Leder, 2011, S. 16) über eine gewisse Zeitspanne. Die Menschen nehmen ihre Umwelt, bestimmte Reize und Signale aufgrund verschiedener Ursachen unterschiedlich wahr. Die Aufmerksamkeit wird in diesem Zusammenhang als Begriff bezeichnet, welcher alle Varianten dieser Selektivität vereint (Ansorge & Leder, 2011, S. 9 ff.).

Die Mehrheit der Autoren bringen die Termini *Konzentration* und *Aufmerksamkeit* bei Definitionsversuchen und -ansätzen miteinander in Verbindung, betrachten deren Bedeutung jedoch nicht als ident.

So definiert Siersch (1984) die Konzentration als eine „besondere Form der intensiven Aufmerksamkeit, die durch drei Phänomene näher gekennzeichnet wird“ (Jannsen & Strang, 1991, S. 2). Um demnach konzentriert zu sein, müssen drei Zustände vorherrschend sein: ein „hohes Ausmaß intentionaler Gerichtetheit“ (ebd.), ein „klare[n]r Bewusstseinszustand“ (ebd.) und ein „Erlebnis der Anspannung“ (ebd.). Die Abgrenzung der Begriffe Konzentration und Aufmerksamkeit ist laut Jannsen & Strang (1991) weder einfach noch eindeutig. Während *Konzentration* durch das Vorkommen aufmerksamen Verhaltens in unterschiedlichster Weise dargestellt wird, wird *Aufmerksamkeit* durch Begriffe wie *Konzentration* und *Fokussierung*, bezogen auf einen Bewusstseinszustand, beschrieben. Diese Differenzierung der Begriffe ist laut Autoren keine wissenschaftliche Definition, sondern lediglich eine „zirkuläre Beschreibung“ (ebd.). Das Problem, eine entsprechende Definition für den Begriff *Aufmerksamkeit* zu finden, erklären sie sich durch die Heterogenität

der verschiedensten Definitionen. Beim Zusammentragen verschiedener Literaturwerke konnten sie sechs Definitionsrichtungen erkennen, was die Schwierigkeit einer Vereinheitlichung verdeutlicht (Jannsen & Strang, 1991).

Laut dem Pschyrembel Wörterbuch ist die Konzentration psychologisch gesehen die „bewusst herbeigeführte Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Tätigkeit oder bestimmten Gegenstand bzw. Erlebnisinhalt.“ (Pschyrembel Redaktion, 2018).

Auch Beer, Nikl & Schwarz (2012) befassen sich mit der vielfältigen Auslegung und Verwendung der Begriffe *Konzentration* und *Aufmerksamkeit* in der Literatur. Die Autoren vertreten die Meinung eines unterschiedlichen Begriffs, wobei die Termini zusammenhängen und jeweils durch den anderen Begriff definiert werden können. In deren Studie orientieren sich die Autoren an der nachstehenden Definition von Memmert & Weickgenannt (2006) (Beer, Nikl & Schwarz, 2012).

Laut Memmert & Weickgenannt (2006) unterscheiden sich die Begriffe in deren Bedeutung. Während bei der Aufmerksamkeit die Wahrnehmung im Fokus steht, bezieht sich die Konzentration auf eine explizite Handlung (Memmert & Weickgenannt, 2006):

„Die Aufmerksamkeit wird primär durch die Selektion relevanter Reize und die selektive Strukturierung des Wahrnehmungsfeldes determiniert. Bei der Konzentration stehen die Intentionalität der Zuwendung zu bestimmten Reizen, deren Integration in vorhandene kognitive Strukturen und die Beanspruchung energetischer Ressourcen im Vordergrund. Im vorliegenden Beitrag wird – mehrheitlich übereinstimmend mit der gegenwärtigen Diskussion – die Konzentration als eine besondere Form der Aufmerksamkeit gesehen, die sich in der erhöhten Ausprägung der Absichtlichkeit, dem Grad der Anstrengung und der Koordination, Steuerung und Kontrolle von Reizen gegenüber der Aufmerksamkeit abgrenzt.“ (Memmert & Weickgenannt, 2006, S. 80)

In dieser Arbeit werden die Termini *Aufmerksamkeit* und *Konzentration* als unterschiedliche Begrifflichkeiten angesehen. Hierfür orientiere ich mich an der Auslegung und Definition von Memmert & Weickgenannt (2006) und verwende den Begriff *Konzentration* in diesem Kontext für eine spezielle Form der Aufmerksamkeit. Diese wird im Verlauf dieser Arbeit mit Handlungen und dem Tun in Verbindung gebracht, während sich die Aufmerksamkeit auf die allgemeine Wahrnehmung des Menschen bezieht.

3.2. Konzentrations- und Aufmerksamkeitsmängel in der Schule

In den letzten Jahrzehnten gab es in unserer Gesellschaft wesentliche Änderungen im alltäglichen Leben zu verzeichnen. Laut Heil (2017) unterscheiden sich die Lebensgrundlagen heute enorm von jenen der letzten Generationen in den vergangenen 40 Jahren. Diese Tatsache bringt weitreichende Folgen auch für die Konzentrations- und Aufmerksamkeitsleistungen der Menschen mit sich (Heil, 2017).

Die Gesellschaft muss sich seit Anfang des 21. Jahrhunderts mit bedeutsamen Wandlungsprozessen auseinandersetzen. Diese Veränderungen verursachen sowohl gesellschaftliche, als auch wirtschaftliche und ökonomische Nachwirkungen. Die Individualisierung, Digitalisierung und Globalisierung prägen diese Jahrhundertwende (Fritz & Tomaschek, 2016, S. 7 ff.).

Die aufkommende Flexibilisierung des Lebens spiegelt sich vor allem im Bildungsprozess wieder. Heutzutage spricht man von einem lebenslangen Lernen anstatt von Ausbildungen in abzuschließender Form mit begrenzter Dauer. Durch die Individualisierung wird das Individuum sowohl „zentraler Bezugspunkt für sich selbst“ (Junge, 2002, S. 7), als auch zum Fokus der Gesellschaft (Junge, 2002).

Diese Veränderungen haben einen steigenden Erfolgsdruck zur Folge. Die Menschen haben nicht nur höhere Anforderung an sich selbst, sondern auch von der Gesellschaft werden mehr Leistung und bessere Ergebnisse gefordert. Dementsprechend spricht Nave-Herz (2002) bereits im Jahr 2002 von einem enormen Leistungsdruck, welcher sich in den vergangenen Jahren entwickelt habe. Vor allem im familiären und schulischen Bereich hat dies große Auswirkungen. Die moderne Gesellschaft fordert größere Wissensumfänge, mehr Verlässlichkeit und bessere Effizienz von den Menschen. Als eine der größten Veränderungen in der Zeit der Jahrhundertwende nennt Nave-Herz den „Wandel der Kindheit und der Erwartungen an deren Gestaltung“ (Nave-Herz, 2002, S. 287). Von den Kindern wird so viel Leistung gefordert wie nie zuvor (Nave-Herz, 2002).

Auch Ferchhoff (2010) spricht von dem Einfluss des Strukturwandels und beschreibt, welche Auswirkungen dieser auf die Jugend hat. Aufgrund der globalen und gesellschaftlichen Veränderungen der Lebensbedingungen kommt es in diesem Jahrhundert zu einigen „jugendkulturellen Entwicklungen“ (Ferchhoff, 2010, S. 11). Ferchhoff (2010) verweist auf viele Neuerungen, mit denen sich die Jugend gegenwärtig auseinandersetzen und den Alltag bestreiten muss. Das Aufwachsen heutzutage ist aufgrund der veränderten Lebensbedingungen und neuen Situationen nicht mehr mit früher zu vergleichen. Es gibt eine Vielfalt an kulturschöpferischen jugendlichen Lebensformen, verschiedenste

Lebenswelten und -stile. In den vergangenen Jahren haben sich die familiären Strukturen und die Anforderungen in der Schule geändert, die Freizeitgestaltung ist eine andere, das Konsumverhalten, die Sportivität, die Entwicklung neuer Medien und noch vieles mehr sind weitreichende Veränderungen, welche die Jugend heute stark betreffen (Ferchhoff, 2010, S. 11 ff.).

Besonders ausschlaggebend stellt sich der durch die Digitalisierung eingetretene Medienkonsum dar. Die digitalen Medien beeinflussen das Freizeitverhalten der Kinder und Jugendlichen in den vergangenen 15 Jahren in verstärktem Ausmaß. Während 1999 das Fernsehen der Spitzenreiter des am meist verwendeten Mediums der 12-19-Jährigen war, wurde dies im Jahre 2014 von der Internetnutzung und dem Handy abgelöst. Auch in der Schule kommen vermehrt digitale Medien zum Einsatz. Diese Entwicklungen bringen sowohl im Schul- als auch im Lebensalltag viele Vorteile und Chancen, Schaumburg warnt jedoch auch vor den damit verbundenen Risiken und verweist auf einige begründete Kritiken der Digitalisierung (Schaumburg, 2015, S. 7 ff.).

Einer der bekanntesten Kritiker ist der Gehirnforscher Manfred Spitzer, welcher seine Bedenken in dem Werk „Digitale Demenz“ äußert. Er kritisiert den übermäßigen Medienkonsum und bezeichnet diesen als besonders besorgniserregend. In den USA beispielsweise verbringen Jugendliche täglich mehr Zeit vor den Smartphones, Laptops oder Fernsehern als zu schlafen und auch in Deutschland wird durchschnittlich eine größere Stundenanzahl für die Verwendung digitaler Medien aufgewendet, als jene in der Schule zu sitzen. Als Grund dieser Besorgnis liefert Spitzer eine neurobiologische Erklärung. Durch die Verwendung digitaler Medien ändern sich die Strukturen im Gehirn, was aufgrund der andauernden Belastung des Gehirns Aufmerksamkeits- und Konzentrationsprobleme verursacht (Spitzer, 2012).

Spitzer (2012) spricht ebenso die veränderten Lebensumstände und damit entstehenden Unterschiede unseres modernen Lebensstils verglichen zu einstigen Lebensweisen als Ursache für die negativen Folgen der digitalen Medien an. So habe sich unser Gehirn seit je her durch die Anpassung an die gegebenen Umweltbedingungen entwickelt, zu denen die digitalen Medien und andere neue Entwicklungen und Lebensstile nicht gehörten. Spitzer beschreibt diese gravierenden Konsequenzen als „Ausdruck eines Missverhältnisses der früheren Lebensweise [...] und des modernen Lebensstils [...]“ (Spitzer, 2012, S. 15).

Nach dem heutigen Stand sind der Fernseher, Smartphones und andere digitale Geräte zur Internetnutzung die von Spitzer angesprochenen Innovationen, welche von Kindern und Jugendlichen am häufigsten verwendet werden. Der verstärkte Konsum dieser Medien begegnet Schülerinnen und Schülern heutzutage während ihres gesamten Alltags und bringt

Risiken mit sich. In den letzten Jahren wurde der Fernsehkonsum deutlich von der Internetnutzung abgelöst (Schaumburg, 2015).

Viele Studien berichten von negativen Effekten des Fernsehens, unter anderem von Aufmerksamkeitsproblemen. Eine Langzeitanalyse weist auf die besorgniserregenden Effekte eines erhöhten Fernsehkonsums von Kindern hin. Diese verzeichnet unter anderem eine signifikante Verbesserung des IQ-Werts sowie der Aufmerksamkeitsspanne von 6-Jährigen bei der Bearbeitung kognitiver Aufgaben nach der Reduktion des Fernsehkonsums über eine 6-wöchige Periode (Zimmermann & Christakis, 2005).

Eine weitere Studie bestätigt eine Korrelation zwischen dem Fernsehkonsum und dem Erleiden von Aufmerksamkeitsstörungen. Regelmäßiges Fernsehen von Kindern in jungen Jahren wird mit späteren Aufmerksamkeitsproblemen in Verbindung gebracht (Christakis, Zimmermann, DiGiuseppe & McCarty, 2004).

Kaess & Plener (2020) beschreiben das Internet als „eine der bahnbrechendsten Erfindungen unseres Zeitalters“ (Kaess & Plener, 2020, S. 1). Die Verwendung des Internets begann in den Anfangsjahren der Neunziger und ein Verzicht darauf wäre längst undenkbar. Heutzutage wird dieses von 79% aller 8-9-Jährigen, von 94% aller 10-11-Jährigen und ab dem 16. Lebensjahr von jedem Jugendlichen genutzt. Bereits 97% aller Personen zwischen 12 und 19 Jahren besitzen weltweit ein Smartphone. Die Auswirkungen dieser Digitalisierung werden viel diskutiert und beforscht. Laut Kaess & Plener (2020) stellt das Internet eine erhöhte Gefahr dar, eine psychische Erkrankung zu erleiden, worunter auch Aufmerksamkeits- und Konzentrationsstörungen fallen (Kaess & Plener, 2020).

Wie bereits erwähnt begegnen digitale Medien den Kindern und Jugendlichen heutzutage nicht nur täglich im Alltag, sondern auch in der Schule. Während sie sich in ihrer Freizeit mit Smartphones, Tablets etc. beschäftigen, steigt die Verwendung dieser Medien auch in der Schule weiter an. Der Einsatz digitaler Medien ermöglicht eine multimediale und interaktive Aufbereitung der Lerninhalte und bietet vermehrt didaktische Möglichkeiten der Unterrichtsgestaltung. Schaumburg (2015) folgt der Annahme, dass durch diese abwechslungsreiche und vernetzte Art der Darbietung des Lernstoffs eine erhöhte Motivation resultiert und aufgrund kognitionspsychologischer Argumente diese eine lernfördernde Wirkung auf die Schülerinnen und Schüler haben soll. Diesen Vorteilen stehen aber auch einige Risiken gegenüber, welche die Aufmerksamkeit und speziell die Konzentration als wichtige Voraussetzungen in der Schule betreffen (Schaumburg, 2015, S. 30 ff.).

Laut Leitner et al. (2008) sind Konzentrationsprobleme im schulischen Kontext vielfach auffindbar und benötigen adäquate Betreuung in dementsprechenden Einrichtungen. So wird diese Problematik bei einer schulpsychologischen Beratung oder in anderen entsprechenden

Einrichtungen von den Eltern als Hauptgrund für eine nötige Beratung genannt (Leitner et al., 2008, S. 273 f.).

Die Digitalisierung ist laut Heil (2017) nur ein Grund für die wachsenden Konzentrations- und Aufmerksamkeitsprobleme. Es kommen weitere Faktoren hinzu, die demensprechende Störungen begünstigen, welche ebenso größtenteils mit den obig erwähnten veränderten Lebensbedingungen in Verbindung gebracht werden (Heil, 2017). Diese werden folgend erläutert.

Laut Lindner, Beer, Gabriel & Krobath (2016) können diese Aufmerksamkeits- und Konzentrationsmängel einerseits durch unzureichenden Schlaf oder durch einen schlechten körperlichen Fitnesszustand verursacht werden. Andererseits können auch externe Faktoren ausschlaggebend sein. So beeinflussen beispielsweise Konflikte innerhalb der Familie oder Leistungsdruck die Aufmerksamkeits- und Konzentrationsleistung negativ, aber auch andere Faktoren, wie der aktuelle Gefühlszustand oder schlechte Ernährung können diese begünstigen (Lindner, Beer, Gabriel & Krobath, 2016, S. 252 f.).

Fehlender Wille und fehlende Motivation sind ebenso wegbereitend für schlechte Konzentrationsleistungen. Heil (2017) verweist in diesem Zusammenhang auf die Entstehung eines Teufelskreislafs. Geringe Motivation führt zu Konzentrationsschwierigkeiten, diese wiederum zu schlechten Lernleistungen, wodurch wiederum die Motivation und das Anstrengungsverhalten sinken. Häufige Merkmale von Konzentrationsstörungen im schulischen Alltag sind laut Heil (2017) beispielsweise motorische Unruhe, das Herumspielen mit Gegenständen, das Herumturnen auf dem Sessel oder internalisierende Merkmale, wie der Blick zur/m Nachbarin/n oder zum Fenster. Er bezeichnet das Aufbringen von Konzentration und Aufmerksamkeit als Grundbedingung für ein effektives Lernen und einen funktionierenden Schulalltag (Heil, 2017, S. 4 ff.).

Auch laut Lindner, Beer, Gabriel & Krobath (2016) sind Aufmerksamkeits- und Konzentrationsmängel in der Schule allgegenwärtig und problematisch. Deren Studie zeigt, dass die Schul- und Lernleistungen deutlich von dem Konzentrations- und Aufmerksamkeitszustand der Schülerinnen und Schüler abhängen (Lindner, Beer, Gabriel & Krobath, 2016, S. 246 ff.).

„Psychische Störungen im Kindes- und Jugendalter, vor allem Störungen der Aufmerksamkeit, Lese-Rechtschreibstörungen (LRS) und Rechenstörungen, betreffen in ihrem Auftreten und ihren Auswirkungen ganz besonders die Schule und das schulische Lernen.“ (Stubenrauch, Krinzingen & Konrad, 2014, S. 253)

Laut Stubenrauch, Krinzinger & Konrad (2014) sind psychiatrische Störungen wie Aufmerksamkeitsdefizite in der Schule vorherrschend und ausschlaggebend für schlechte schulische Leistungen. Die Aufmerksamkeit wird hier als ein komplexes heterogenes System beschrieben, welches neben anderen Faktoren einen bedeutsamen Einfluss auf die Lernfähigkeit, die schulischen Leistungen und somit auch auf den weiteren Lebensabschnitt hat (Stubenrauch, Krinzinger & Konrad, 2014, S. 254).

Um Leistungen abrufen zu können und in der Schule bestehen zu können, wird weitaus mehr von den Schülerinnen und Schülern gefordert, als das bloße Lernen. Das Meistern herausfordernder Zielstellungen ist nicht nur von fachspezifischem Wissen und Können abhängig, sondern auch von einer weiteren Komponente, dem aktuellen Zustand des Organismus. Bei Zuständen enormer Erschöpfung oder Müdigkeit ist es einem/r nicht möglich seine/ihre optimalen kognitiven Leistungen aufgrund der darunter leidenden Aufmerksamkeitsfähigkeit zu erbringen (Lörincz-Markl, 1985, S. 28).

Eine Unterrichtsstunde ist darauf ausgerichtet, dass die Schülerinnen und Schüler während der gesamten Zeitspanne das Unterrichtsgeschehen aufmerksam verfolgen. Als Fachbegriff verwendet man dafür *Vigilanz*, welche Lörincz-Markl (1985) zum besseren Verständnis mit dem Begriff *Daueraufmerksamkeit* übersetzt. Diese erwünschte und geforderte Vigilanz funktioniert jedoch nicht so, wie es für eine effektive Unterrichtsstunde sinnvoll wäre. Grundsätzlich kann kein Mensch dieselbe Aufmerksamkeitsspanne über einen längeren Zeitraum aufrecht erhalten. Der Abfall kann bereits nach wenigen Minuten eintreten. Einigen Experimenten zufolge kommt es nach höchstens einer halben Stunde zu einer enormen Leistungsminderung. Dieser Leistungsrückgang kann laut Lörincz-Markl (1985) durch Pausen hinausgezögert werden (Lörincz-Markl, 1985, S. 45 ff.).

Petermann (2008) stellt fest, dass eine beachtliche Menge psychischer Störungen bei Kindern und Jugendlichen mit Aufmerksamkeitsstörungen zusammenhängen (Petermann, 2008, S. 271 ff.).

Konzentration- und Aufmerksamkeitsstörungen stellen sowohl in der Schule, als auch in anderen Lebensbereichen ein großes Problem dar. Diese treten nicht nur bei Kindern mit einer diagnostizierten Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörung (ADHS) auf, sondern sind bei weitaus mehr Kindern der Fall. Demnach hat die Behebung der genannten Problematiken in vielen Forschungen und Studien einen großen Stellenwert. In den letzten Jahren wird vermehrt an neuen Programmen und Interventionen zur Bekämpfung dieser Mängel gearbeitet (Ellinger, Walther & Dietrich, 2010, S. 22).

Eine solche Intervention ist die Entwicklung des Bewegungsprogramms „Vital4Brain“, welches zur Vermeidung und Prävention dieser Probleme und zur Ermöglichung eines

effektiven Unterrichts ins Leben gerufen wurde. Das Programm richtet sich gegen einen vorherrschenden konkreten Mangel des Schulsystems, nämlich den Mangel an Konzentration im Unterricht (Schwarz, 2012).

3.3. Konzentrations- und Aufmerksamkeitsmängel im Mathematikunterricht

Bereits das Konzept der standardisierten Reifeprüfung weist auf die kognitiven Anforderungen im Mathematikunterricht hin:

„Mathematisches Arbeiten umfasst vielfältige originär mathematische wie auch außermathematische (Denk-)Tätigkeiten, die meist eng miteinander vernetzt sind bzw. aufeinander bezogen werden müssen.“ (Bundesministerium für Bildung und Frauen, 2012, S. 12).

Schon Schulz (1995) nennt die Konzentrationsfähigkeit als Grundvoraussetzung für das kognitive Lernen in Zusammenhang mit mathematischen Inhalten. Auch bezeichnet er den Mathematikunterricht vor allem in der Grundschule als besonders konzentrationsintensiv und erwähnt, dass darauf bezogene Schwächen zu Lernschwierigkeiten führen können (Schulz, 1995, S. 42).

Aber nicht nur für das Lernen ist eine gute Konzentration erforderlich, sondern laut Marschner (2007) auch für die „Bewältigung der gesellschaftlichen Anforderungen“ (Marschner, 2007, S. 7), welche einer/m besonders durch die Mathematik gelehrt werden. Um das Leben erfolgreich zu meistern, ist es unumgänglich Probleme erkennen zu können, dementsprechende Problemlösestrategien zu erschließen und die Resultate zu kritisieren und zu hinterfragen. Hierfür ist „Genauigkeit, konzentriertes Arbeiten, Aufmerksamkeit und Ausdauer“ (ebd.) gefragt, um eine mathematisch-naturwissenschaftliche Denkweise zu erlangen und Probleme lösen zu können. Alle Anforderungen der Mathematik, wie beispielsweise „produktive geistige Arbeit, kritisches Denken und Erkennen von Strukturen und Ordnungsprinzipien“ (ebd.) fordern ein besonderes Maß an Konzentration, wodurch dieses explizit im Mathematikunterricht unumgänglich ist (Marschner, 2007, S. 7).

Dass hier Mängel vorhanden sind, zeigt ein Projekt der ARGE-Mathematik zum Thema Konzentration im Mathematikunterricht, welches folgende Problematik feststellt:

„Es fällt den Schülerinnen und Schülern insbesondere bei Eintritt in die 1. Klasse schwer, sich über längere Zeit zu konzentrieren, zielorientiert zu

arbeiten, länger bei der Sache zu bleiben und sich nicht wegen jeder Kleinigkeit ablenken zu lassen. Ein verstärktes Maß an Bewegungsdrang ist ebenso zu beobachten.“ (Marschner, 2007, S. 5)

Marschner (2007) folgert daraus einige Aspekte, welche den Unterricht sowie die Leistungen negativ beeinflussen. So seien Unterrichtsphasen, in denen konzentriert gearbeitet wird, nur mehr selten möglich, es vergeht meist einige Zeit, bis alle dem Unterricht folgen, die Lehrpersonen klagen vermehrt über Unzufriedenheit und die Schulleistungen nehmen vermehrt ab. Die Lösung dieser Problematiken soll durch die Durchführung von „gezielten Übungen zur Steigerung der Konzentration“ (Marschner, 2007, S. 5) erreicht werden. Das Projektteam strebt kurze Unterrichtssequenzen an, welche eine Konzentrationssteigerung zufolge haben soll. Dies soll im Mathematikunterricht Vorteile bringen und ein effektives und effizientes Lernen ermöglichen (Marschner, 2007, S. 5 f.).

Konzentration und Aufmerksamkeit zählen laut Schipper (2001) zu den Risikofaktoren für Rechenstörungen (Dyskalkulie). Laut Stubenrauch et al. (2014) sind diese häufiger vorhanden als angenommen. Langemann et al. (2018) sprechen in diesem Bezug von einer fünfprozentigen Betroffenheit der Gesamtbevölkerung.

Das Vorkommen der Konzentrations- und Aufmerksamkeitsproblematik im Mathematikunterricht verdeutlicht auch Gerster (2012). Neben fachlichen Ursachen für das Auftreten von Fehlern im Mathematikunterricht nennt er noch weitere Gründe, wie „emotionale oder psychische Störungen, welche die Aufmerksamkeit des Schülers im Unterricht beeinträchtigen“ (Gerster, 2012, S. 14). In einem Kapitel von Gerster geht es um das Erkennen von bestimmten Fehlermustern und um die Klärung potentieller Ursachen. Bei der Einzelanalyse mehrerer Testbögen sind bei einigen Schülerinnen und Schülern Konzentrationsmängel feststellbar. Der Autor ordnet einige Fehlermuster der Klassifizierung „Schwierigkeiten mit der Konzentration“ (Gerster, 2012, S. 69) zu. Laut Gerster (2012) können die Fehler nicht immer eindeutig in ein Schema eingegliedert werden, einige Schüler/innenbeispiele zeigen jedoch unzweifelhaft, dass ein Grund für auftretende Fehler mangelnde Konzentration sein kann (Gerster, 2012).

Auch Defitowski (2014) spricht „der Konzentration, dem Gedächtnis, der Aufmerksamkeit, sowie der visuellen Fähigkeit eine große Bedeutung beim Erlernen mathematischer Inhalte [...]“ (Defitowski, 2014, S. 83) zu.

Diese Bedeutung sowie das Auftreten von Mängeln im Mathematikunterricht verdeutlichen die folgenden wissenschaftlichen Untersuchungen zu dieser Thematik.

Die oberösterreichische ARGE-Mathematik führte an einem Gymnasium in Gmunden aufgrund der vorherrschenden Konzentrationsschwächen und deren Problematik speziell im Mathematikunterricht eine Untersuchung zur „Konzentrationssteigerung im Mathematikunterricht insbesondere der 5. und 6. Schulstufe“ durch. Ziel dieser Untersuchung ist es die Konzentrationsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler durch gezielte Maßnahmen zu verbessern und Gründe für die auftretenden Mängel zu erheben. Die Evaluierung zeigt, dass sich die Rahmenbedingungen sehr einflussreich auf die Konzentration auswirken können. So werden Faktoren wie Ruhe oder das Verhalten von Klassenkameradinnen und Klassenkameraden als Gründe für gute Konzentrationsleistungen genannt. Gegenseitige Unterrichtsbeobachtungen zeigen, dass die Konzentrationsspanne maximal zehn Minuten beziehungsweise die Bearbeitungsdauer einer Aufgabe anhält und kurze Störungen erheblichere Auswirkungen auf das Unterrichtsgeschehen haben, als häufig angenommen wird (Marschner, 2007).

Eine weitere Untersuchung liefert Lörincz-Markl in ihrer Dissertationsarbeit „Trainingsprogramm zur schulrelevanten Aufmerksamkeit im Unterrichtsfach Mathematik“. Diese überprüfte die Auffassung Galperins, „dass Aufmerksamkeit als spezifische Kontrollhandlung trainierbar ist und zu einer Verbesserung der eigentlichen Tätigkeit selbst führt“ (Lörincz-Markl, 1985, S. 422), anhand einer Studie in einer fünften Schulstufe und konnte diese mithilfe eines eigens angefertigten Trainingsprogramms bestätigen. Die Schülerinnen und Schüler der Versuchsgruppe lieferten bessere Ergebnisse bezüglich der auftretenden Flüchtigkeitsfehler in einem Rechentest verglichen zur Kontrollgruppe (Lörincz-Markl, 1985).

Partisch (2010) behandelt ebenso das Auftreten von Aufmerksamkeits- und Konzentrationsschwierigkeiten sowie die Trainierbarkeit dieser Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern im Mathematikunterricht in ihrer Diplomarbeit mit dem Titel „Psychologische Untersuchungen zu einem Trainingsprogramm zur schulrelevanten Aufmerksamkeit im Unterrichtsfach Mathematik: soziale und andere Bedingungsfaktoren“. Im Zuge dessen untersucht sie das Vorkommen unterschiedlicher Flüchtigkeitsfehler aufgrund mangelnder Konzentration und überprüfte die Wirksamkeit eines konzentrationsfördernden Trainingsprogramms mithilfe eines Rechentests. In dieser Untersuchung konnte eine verringerte Anzahl der Flüchtigkeitsfehler von elfjährigen Hauptschülerinnen und Hauptschülern mit Konzentrationsschwächen nach einer vierwöchigen Durchführung des Trainingsprogramms festgestellt werden. Außerdem lieferte die Versuchsgruppe bei dem zweiten Rechentest deutlich bessere Ergebnisse als bei dem Test vor den Interventionen (Partisch, 2010).

4. Neurodidaktik

4.1. Die Entstehung des Begriffs „Neurodidaktik“

Die *Neurodidaktik* wurde 1988 von *Gerhard Preiß* als eine „neue wissenschaftliche Disziplin“ (Preiß, 2019, S. 2) eingeführt. Dieser arbeitete über 40 Jahre als Mathematik- und Didaktikprofessor an einer Pädagogischen Hochschule in Deutschland (Folta-Schoofs & Ostermann, 2019) und beschäftigte sich überdies mit lerntheoretischen Grundlagen des Lernens im Bereich der Neurobiologie (Preiß, 2019). Preiß führte den Begriff *Neurodidaktik* ein, „um die Wichtigkeit zu betonen, die Ergebnisse der modernen Hirnforschung für die Didaktik zu erschließen und deren pädagogische Anwendbarkeit zu prüfen“ (Friedrich, 2005, S. 8).

Begonnen hat Preiß' Reise mit der Entstehung seines Interesses an der Hirnforschung und der anfänglichen Auseinandersetzung mit diesem Themengebiet im Jahre 1986. Preiß versuchte damalige Theorien mit benachteiligten Kindern umzusetzen, welchen „mathematische Inhalte nahezu unerreichbar“ (Preiß & Preiß, 2014, S. 2) schienen und unterrichtete im Zuge dessen zwei Jahre geistig eingeschränkte Jugendliche. Diese Arbeit legte den Grundstein für die ersten Projektideen seines späteren Unternehmens „Zahlenland Prof. Preiß“ und für die Entwicklung einer neuen wissenschaftlichen Disziplin. Preiß war davon überzeugt effektive pädagogische Konzepte mit wissenschaftlichen Untersuchungen und praktischer Erfahrung vereinen zu müssen, um erfolgreich Bildung vermitteln zu können (Preiß & Preiß, 2014).

Preiß hat, basierend auf seinen Erkenntnissen, zusammen mit seiner Tochter Gabriele das Unternehmen „Zahlenland Prof. Preiß“ im Jahre 2004 etabliert, welches diese nach Preiß' Tod 2017 übernahm und seither engagiert weiterführt. Das Unternehmen stellt Fachbücher und Materialien zur Verfügung und organisiert Fortbildungen im Kontext der Mathematik und der Neurodidaktik (Zahlenland Prof. Preiß e.K., 2004).

In einer Darstellung des Unternehmens wird die *Neurodidaktik* folgendermaßen beschrieben:

„Der Begriff *Neurodidaktik* beschreibt die aktuelle Aufgabe, dem Zusammenhang zwischen den neurobiologischen Bedingungen des Menschen und seiner Lernfähigkeit nachzugehen, um daraus Erkenntnisse für die Didaktik zu gewinnen. Dabei geht die Neurodidaktik von einem ganzheitlichen Menschenbild aus, dessen Norm die Würde des Menschen ist. [...] Die Brücke zwischen Neurobiologie und Didaktik bedarf eines Geländers, um den pädagogischen Raum für Erziehung und Bildung

abzusichern. Für die Neurodidaktik bildet Kompetenzpädagogik dieses Gelände. Für sie gilt als Maß für die Effektivität von Erziehung und Bildung, wie weit es gelingt, die individuelle Begabung jedes Kindes zu entdecken und zu fördern. Nicht der zu lernende Stoff steht also an oberster Stelle sondern die Fähigkeiten der Kinder. Es geht darum, für jedes Kind optimale Bedingungen für die Entwicklung seiner geistigen Kräfte zu schaffen.“ (Preiß, 2019, S. 2)

Der Erziehungswissenschaftler *Gerhard Friedrich* beschäftigt sich in den Folgejahren der Entstehung der *Neurodidaktik* intensiv mit der neuen Wissenschaftsdisziplin. Dieser bezeichnet die Hirnforschung in den Anfangsjahren des 21. Jahrhunderts als eine der „expansivsten Wissenschaften“ (Friedrich, 2005, S. 8) und berichtet von einem dauerhaften Wissensanstieg in der Neurobiologie. Dies bewirkt ein Umdenken bezüglich der Lernvorgänge und deren Hintergründe. Darauf aufbauend entsteht ein Interesse nach einem „neurobiologisch fundierten Beitrag zum Verständnis menschlicher Lernprozesse [...], der eine Brückenfunktion zwischen Didaktik und Hirnforschung einzunehmen vermag“ (ebd.). Friedrich beschreibt die *Neurodidaktik* als ein „Handlungs- und Forschungsgebiet, das insbesondere die Zusammenhänge zwischen neurobiologischen Bedingungen und Lernvorgängen des Menschen zu erkennen und zu beschreiben versucht, um daraus pragmatische Erkenntnisse für die Allgemeine Didaktik abzuleiten“ (Friedrich, 2005, S. 27, zit. n. Friedrich, 1991, S. 32).

Das Konzept der *Neurodidaktik* wurde von Friedrich teilweise zusammen mit Preiß weiterentwickelt. Es folgten einige Veröffentlichungen von Preiß und Friedrich zu diesem Thema (Becker, 2006, S. 195).

Die Wichtigkeit und das Zusammenspielen der Mathematik und der *Neurodidaktik* verdeutlicht Preiß in seinen nachstehenden Leitgedanken: „Für jedes Kind ist mathematische Bildung wichtig und erreichbar. [...] Mathematische Bildung ist geeignet, alle Kräfte des Gehirns zu fördern. Selbstständigkeit, Selbsttätigkeit und soziales Verhalten werden angestrebt, Aufmerksamkeit und Gedächtnis trainiert.“ (Zahlenland Prof. Preiß e.K., 2004)

4.2. Abgrenzung und Einordnung der Neurodidaktik

Die *Neurodidaktik* wurde in den Anfangsjahren der Jahrhundertwende von dem Begründer Gerhard Preiß als Brücke zwischen den Erziehungswissenschaften und den Neurowissenschaften bezeichnet (Folta-Schoofs & Ostermann, 2019, S. 17).

„Eine ‚Neurodidaktik‘ kann eine Brückenfunktion zwischen den Hauptpfeilern Neurobiologie und Didaktik einnehmen. Die Konstruktion und der Bau solch einer Brücke kann nur durch interdisziplinäre Zusammenarbeit gelingen. Das Bild des Brückenbaus soll dabei symbolisieren, dass eine ‚Neurodidaktik‘ ein Gebiet besetzt, dessen Grenzen nach beiden Seiten offen sind und deren Bau erst am Anfang steht.“ (Friedrich, 2005, S. 240)

Heute hat sich der Begriff um einige Disziplinen erweitert, sodass auch verschiedene Gebiete der Psychologie als Nachbardisziplinen angesehen werden (Folta-Schoofs & Ostermann, 2019, S. 18 ff.).

Folta-Schoofs & Ostermann (2019) tragen die Begriffsbestimmungen der Autoren Preiß und Friedrich zusammen und beschreiben die *Neurodidaktik* in diesem Zusammenhang als eine „interdisziplinäre Wissenschaftsdisziplin, die Zusammenhänge zwischen den neurobiologischen Bedingungen des Menschen und seiner Lernfähigkeit untersucht, um daraus Handlungsempfehlungen und Interventionen für die Praxis von Erziehung und Bildung ableiten zu können“ (Folta-Schoofs & Ostermann, 2019, S. 23).

Nachstehend werden die einzelnen Nachbardisziplinen der *Neurodidaktik* erklärt und auf deren Einflüsse eingegangen.

Die *Erziehungswissenschaft* hat in den letzten Jahren einen Wandel erlebt und die reine Pädagogik wurde um einige Forschungs- und Handlungsräume erweitert. So befasst sich die heutige Erziehungswissenschaft mit wissenschaftlichen Fragestellungen zu den Themen *Lernen*, *Bildung* und *Erziehung*. Es wird analytisch und reflexiv gearbeitet und in mehreren Ebenen geforscht. Als Teildisziplin der Erziehungswissenschaften wird die *Schulpädagogik* angesehen. Dieser anwendungsbezogene und handlungsfokussierte Teilbereich hat die Optimierung der Ausübung von Bildung und Erziehung in den betroffenen Einrichtungen zum Ziel. Es wird an Vorschlägen zu einer verbesserten und förderlicheren Gestaltung von Bildung und Erziehungshandlungen gearbeitet. Hierfür wird der Wandel der Gesellschaft, die veränderten Lebensweisen und sich neu entwickelte Werte und Normen berücksichtigt und

diese im Zusammenhang mit den gesetzten Zielen untersucht (Folta-Schoofs & Ostermann, 2019, S. 18 f.).

Die *Neurodidaktik* ist, genauso wie die *konstruktivistische Didaktik*, ein Bereich der Didaktik, deren Erkenntnisse auf Grundlagen der Gehirnforschung gestützt sind. Bei diesen beiden Gebieten gibt es einen wesentlichen Unterschied. Während die konstruktivistische Didaktik auf bereits bestehendes Wissen basiert, entwickelt die Neurodidaktik selbst ihre dazugehörige Theorie (Becker, 2006, S. 194). Der Fokus liegt laut Folta-Schoofs & Ostermann (2019) dabei auf den Grundlagen der Neurobiologie, welche das Lernen betreffen. Ziel dieser Didaktikrichtung ist es weitere Erkenntnisse im Bereich der Pädagogik zu erhalten und dadurch Schlüsse für pädagogische Handlungen, Methoden etc. zu liefern (Folta-Schoofs & Ostermann, 2019, S. 24).

Die *Neurowissenschaft* ist ein naturwissenschaftlicher Forschungsbereich und befasst sich mit dem Aufbau und der Funktion des Nervensystems. Ebenso wie die Erziehungswissenschaft teilt sich diese in verschiedene Teildisziplinen, unter anderem in die kognitive und affektive Neurowissenschaft. Erstere beschäftigt sich mit der Untersuchung von kognitiven Prozessen, also den Zusammenhängen von Gehirn und Erleben beziehungsweise Verhalten. Kognitive Prozesse befähigen den Menschen bewusst zu handeln. In dieser Forschungsdisziplin wird mit molekularen Mechanismen gearbeitet, es werden genetische Grundlagen kognitiver Prozesse sowie soziale Einflüsse und deren Wirkung auf das menschliche Gehirn erforscht. Die affektive Neurowissenschaft setzt sich im Gegensatz dazu mit den neurobiologischen Grundlagen menschlicher Gefühlszustände auseinander (Wittchen & Hoyer, 2011, S. 260; Folta-Schoofs & Ostermann, 2019, S. 19).

Während sich die obig behandelte Disziplin der Neurowissenschaft auf die isolierte Untersuchung des menschlichen Gehirns beschränkt, verbindet die *soziale Neurowissenschaft* die Erkenntnisse der Neurowissenschaft mit Theorien der Sozialpsychologie und befasst sich mit den Einflüssen neurologischer auf soziokulturelle Prozesse und deren Wechselwirkung. Oft wird diese Forschungsrichtung auch „soziale kognitive Neurowissenschaft“ (Schreiner, 2019, S. 14) oder „soziale Neuropsychologie“ (ebd.) genannt. Diese Begriffsbestimmungen verdeutlichen die enge Verknüpfung verschiedener Wissenschaften in der behandelten Thematik (Schreiner, 2019, S. 14).

Es wurde angemerkt, dass rein naturwissenschaftliche Erklärungsmodelle nicht ausreichen und gefordert, diese um Geisteswissenschaften integrierend zu erweitern. So sei es möglich ein ganzheitliches Verständnis zu erhalten und Lernen auf allen Ebenen verständlich zu machen. Das Thema Lernen hat in der *Psychologie* einen hohen Stellenwert und wird intensiv beforscht. Es werden unzählige Lerntheorien entwickelt und die Bedeutung der

Psychologie in der Didaktik und Pädagogik hervorgehoben (Friedrich, 2005, S. 35). Ein nennenswertes Beispiel hierfür ist die *IGPME*¹ (*International Group for the Psychology of Mathematics Education*), eine internationale Gemeinschaft von mathematischen Pädagog/innen und Forscher/innen, welche einmal jährlich zu deren Arbeiten im Bereich der Mathematik und Psychologie tagt. Eines der Ziele ist es, ein tieflegendes und korrektes Verständnis der Psychologie und anderen Aspekten des Lehrens und Lernens von mathematischen Inhalten sowie deren Auswirkungen darzulegen. Zusammenhänge der Psychologie und der Didaktik sind unumstritten. Friedrich (2005) folgert aufgrund dieser Ansichten, dass die Psychologie den Erzieherinnen und Erziehern Grundlagen bereitstellen soll, welche diesen in der Praxis nützen und helfen sollen (Friedrich, 2005, S. 35).

Friedrich (2005) verdeutlicht, dass die *Wahrnehmungspsychologie* eine wichtige Rolle in der didaktischen Wissenschaftsdisziplin spielt, welche bis dato in diesem Zusammenhang vernachlässigt wurde. Es besteht ein „enge[r] Zusammenhang zwischen Wahrnehmung und Lernen“ (Friedrich, 2005, S. 31), welcher in bisherigen Theorien zu wenig beachtet wurde. Im Zuge der Erkenntnisgewinnung rund um die theoretischen und praktischen Grundlagen der Neurodidaktik wurde auch die Wahrnehmung in den Fokus genommen. Wahrnehmungsprozesse sind für ein lerntheoretisches Verständnis für die Didaktik nicht außer Acht zu lassen. Untersuchungen ergaben, dass der Mensch ein *plastisches Wahrnehmungssystem* besitzt und dies nach den Regeln des *Reafferenzprinzips* arbeitet. Demnach müssen Wahrnehmungsleistungen „als aktive und situierte Prozesse betrachtet werden, bei denen Kinder und Jugendliche Deutungsmuster für ihre subjektive Welt aufbauen, die dann eine Grundlage ihrer weiteren Lernbereitschaft und Lernfähigkeit bilden“ (Friedrich, 2005, S. 247). So sollen Theorien der Wahrnehmungsprozesse mit Theorien des kognitiven Systems behandelt und miteinander verknüpft werden (Friedrich, 2005).

Eine weitere einfließende Wissenschaft ist die *kognitive Psychologie*, welche sich als Teildisziplin der interdisziplinären Kognitionswissenschaften einordnen lässt. In der kognitiven Psychologie werden unter dem Begriff *Kognition* die „Strukturen bzw. Prozesse, die dem menschlichen Erkennen und Wissen zugrunde liegen“ (Friedrich, 2005, S. 113) gemeint. „Darunter fallen etwa Modellvorstellungen über die Strukturen unseres Gedächtnisses und der Begriffsbildung, Vorstellungen über die kognitive Entwicklung vom Kleinkind zum Erwachsenen, sowie die Prozesse des Wahrnehmens, des Schlussfolgerns, des Problemlösens oder ganz des Denkens.“ (ebd.)

Die Ansätze der *neurologisch motivierten Kognitionswissenschaft* orientieren sich an biologischen Grundlagen. Aufgrund des Ziels, die Zusammenhänge zwischen der Neurobiologie und des Lernens zu erforschen, entwickelte sich die Verbindung zwischen der

¹ www.igpme.org (2020). Abgerufen am 25. Juni 2020 von IGPME-Website.

Neurodidaktik und der Kognitionswissenschaft. Friedrich (2005) stellt diese Verbindung als Schnittfläche zweier Kreise dar: Durch das Schneiden des Kreises der Kognitionswissenschaft mit dem Kreis der *Allgemeinen Didaktik* entsteht der Bereich der Neurodidaktik. Die Neurowissenschaft zählt zu der Kognitionswissenschaft, sobald sich diese mit kognitiven Aufgabenstellungen auseinandersetzt. Deren Erkenntnisse beruhen auf naturwissenschaftlichen Verfahren und verfolgen das Ziel „für kognitive Prozesse allgemeingültige Erklärungen zu liefern“ (Friedrich, 2005, S. 241).

Folta-Schoofs & Ostermann (2019) weisen darauf hin, dass die Neurodidaktik trotz vieler Einflüsse anderer wissenschaftlicher Disziplinen als eigenständige Wissenschaft betrachtet werden soll. Durch die unmittelbare Verknüpfung der Nachbardisziplinen ergeben sich überdies einige Vorteile. So liefern die allgemeine Erziehungswissenschaft und die Schulpädagogik der Neurodidaktik Informationen zu der praxisorientierten Umsetzung pädagogischer und erziehungswissenschaftlicher Handlungen. Die allgemeine Psychologie stellt Basiswissen für Untersuchungen im neurowissenschaftlichen oder biopsychologischen Kontext zur Verfügung. Die einfließenden Teilgebiete der Neurowissenschaft können die Neurodidaktik theoretisch sowie methodisch bei der Erforschung neurobiologischer Grundlagen in Zusammenhang mit dem Lernen und den Vorgängen im Gehirn unterstützen. Die Entwicklungspsychologie und Sozialpsychologie hilft das erworbene neurobiologische Wissen in entsprechende psychologische Theorien einzuordnen. Die Kenntnisse der didaktischen Wissenschaftsdisziplinen können für die Beurteilung und Prüfung der pädagogischen Wirksamkeit und Notwendigkeit genutzt werden und Vorschläge für die Durchführung in der Praxis vorlegen. Durch die verknüpfte Zusammenarbeit dieser Disziplinen kann sich nicht nur die Neurodidaktik weiterentwickeln, sondern auch alle anderen Gebiete, welche von den neuen Erkenntnissen profitieren (Folta-Schoofs & Ostermann, 2019).

Die interdisziplinäre Verknüpfung führt dazu, dass die *Neurodidaktik* ein breites Spektrum an Anforderungen und Aufgaben in unterschiedlichen Themengebieten mit sich bringt. Diese vereint Aspekte und Methoden unterschiedlicher Disziplinen, wodurch oft unklar wird, als welche dezidierte Forschungsart diese anzusehen ist. Da jedoch alle Bereiche zugleich bedeutsam und vorherrschend sind, soll die *Neurodidaktik* laut Folta-Schoofs & Ostermann (2019) „als gleichermaßen grundlagen-, wie anwendungs- und praxisorientierte Wissenschaft“ (Folta-Schoofs & Ostermann, 2019, S. 26) verstanden werden.

4.3. Der technische Fortschritt und die Neurodidaktik

Die Hirnforschung hat sich in den letzten Jahren erheblich weiterentwickelt und einen bedeutenden Fortschritt gemacht. Eine entscheidende technische Weiterentwicklung macht es der Forschung nun möglich Einsichten in die Gehirnstrukturen und dessen Funktionsweisen zu erhalten. Es wurden bildgebende Verfahren entwickelt, welche die Strukturen im Gehirn genauestens ersichtlich machen (Stubenrauch, Krinzinger & Konrad, 2014).

Früher war man der Ansicht, dass geistige Tätigkeiten keinerlei Auswirkungen auf das Gehirn und dessen Beschaffenheit haben. Heute ist man durch die Möglichkeiten moderner Werkzeuge vom Gegenteil überzeugt. Einige Jahre zuvor war der Forschung die Untersuchung der Synapsen aufgrund fehlender Hilfsmittel, Techniken und Auswertungsverfahren noch unmöglich (Spitzer, 2012, S. 37).

Durch diese modernen Techniken konnten neue Kenntnisse in Bereichen der Neurowissenschaften, speziell die Informationsverarbeitung im Gehirn betreffend, erlangt werden. Dies löste ein erhöhtes Interesse zur Erforschung des Zusammenhangs zwischen dem Lernen und neurowissenschaftlicher Grundlagen aus. Zudem seien Ergebnisse von Schulleistungsvergleichsstudien, wie die der Pisa-Studie, ausschlaggebend für den Wunsch einer intensiveren Beforschung dieser Thematiken (Stubenrauch, Krinzinger & Konrad, 2014, S. 254).

Die durch den Fortschritt der letzten 20 Jahre entstandenen Methoden fokussieren laut Schachl (2016) die Verbindung zwischen der Hirnforschung und dem Lernen. Diese beiden Thematiken sind unmittelbar verknüpft und sollten zusammenhängend behandelt werden. Lernen funktioniert nur mithilfe des Gehirns und wird von Schachl (2016) als „brain-based“ (Schachl, 2016, S. 9) beschrieben.

Müller (2013) verweist ebenso auf ein großes Ausmaß an Interesse der Neurowissenschaftler/innen und Mediziner/innen an dem pädagogischen Kontext und einer vermehrten Auseinandersetzung mit diesen Themen. Laut Müller (2013) gibt es dafür unterschiedliche Gründe, welche sich jedoch durch eine Tatsache zusammenfassen lassen: „die eigentliche Erklärung pädagogisch relevanter Phänomene [sei] auf neurowissenschaftlicher Ebene, im Gehirn, zu finden“ (Müller, 2013, S. 24).

Auch Spitzer (2006) vertritt diese Ansicht und verdeutlicht dies mit folgender Aussage: „Lernen ist nun der Gegenstand der Gehirnforschung schlechthin; daher wird ein Lehrer, der weiß, wie das Gehirn funktioniert, besser lehren können.“ (Spitzer, 2006, S. 24)

4.4. Ein verändertes Lernverständnis als Basis der Neurodidaktik

Die *Neurodidaktik* basiert auf einem veränderten Verständnis des Begriffs „Lernen“, welches sich aufgrund des technischen Fortschritts in dem letzten Jahrhundert entwickelt hat. Das traditionelle Lernverständnis wird durch die neuen neurobiologischen Erkenntnisse erweitert und verändert (Friedrich, 2005).

Traditionell wird *Lernen* als „potentielle und relativ dauerhafte Verhaltensänderung“ (Friedrich, 2005, S. 212) aufgrund einer Reaktion auf einen oder mehrere Reize definiert und führt zu Anpassungen an die gegebenen Umwelteinflüsse. Friedrich stellt den traditionellen Lernbegriff folgendermaßen dar (Abb.1.) (Friedrich, 2005, S. 212 f.).

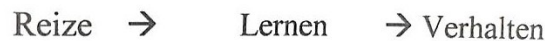


Abb. 1: Traditioneller Lernbegriff vereinfacht dargestellt (Friedrich, 2005, S. 213)

Kurz erläutert löst ein Reiz einen Lernvorgang aus, woraus eine Verhaltensänderung resultiert. Doch was passiert genau beim Lernen im menschlichen Gehirn? Friedrich möchte das Verständnis des Lernbegriffs durch eine Erweiterung der obigen Darstellung an die Vorgänge in den Gehirnstrukturen annähern und verdeutlicht gleichzeitig die Komplexität des Lernvorgangs. In der nachstehenden Abb. 2 wird das Lernen als Verknüpfung von Punkten, welche die Neuronen in unserem Gehirn symbolisieren, dargestellt (Friedrich, 2005, S. 213).



Abb. 2: Veranschaulichung der Komplexität des Lernbegriffs (Friedrich, 2005, S. 213)

Friedrich versucht in seiner Arbeit das Verständnis des Lernens und deren Prozesse neurobiologisch aufzubereiten und zu erklären. Den komplexen Vorgang des Lernprozesses und dessen Einflüsse veranschaulicht er mithilfe von Abb. 3 (Friedrich, 2005, S. 239).

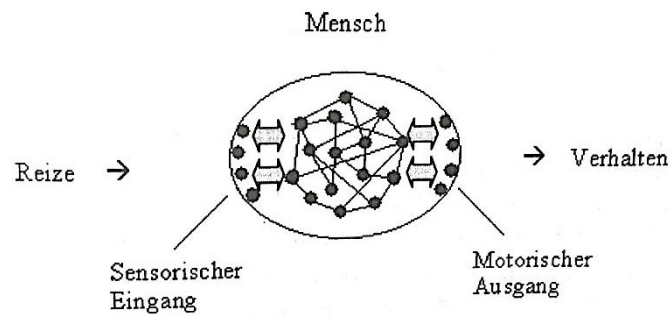


Abb. 3: Modell des Lernens nach Friedrich (Friedrich, 2005, S. 239)

Die Umweltbedingungen befinden sich außerhalb der Ellipse, innerhalb befindet sich das menschliche Nervensystem, welches als Kommunikationsmedium fungiert. Dort findet durch die Vernetzung der Neuronen die Reizweiterleitung und somit das Lernen statt (Friedrich, 2005, S. 239). Eine genauere Erläuterung des Lernvorgangs folgt im Abschnitt 4.5.

4.5. Die Neurowissenschaft hinter der Neurodidaktik

Einen guten Einblick in diese Thematik und Überblick über die folgenden Inhalte dieses Abschnitts gibt das nachstehende Studienbeispiel.

Bei einer Studie an Taxifahrern in London fand man heraus, dass Gedächtnisprozesse, welche im Gehirn stattfinden, sich gut beobachten und beforschen lassen. Die Veränderungen im Gehirn, speziell das Volumen des Hippocampus, welcher für die Orientierung verantwortlich ist, wurden ersichtlich und ergaben eine positive Korrelation. Je länger der Beruf des Taxifahrens ausgeübt wurde, desto größer war das Volumen des Hippocampus, d. h. desto mehr Nervenzellen haben sich gebildet. Das Phänomen dieses Beispiels lässt sich generalisieren. Wird eine Tätigkeit oftmals durchgeführt und findet dadurch ein Lernprozess statt, so wird sich das Volumen in dem betroffenen Bereich des Gehirns vergrößern. Spitzer (2012) bezeichnet dieses Phänomen als „Gehirnwachstum durch Gehirnnützung“ (Spitzer, 2012, S. 32) und verweist auf einige Studien, die dies bei unterschiedlichen Tätigkeiten zeigen. Demnach resultiert ein Zuwachs bestimmter Gehirnareale durch die Verwendung dieser. Spitzer (2012) vergleicht das Gehirn und dessen Funktionsweise in diesem Zusammenhang mit einem Muskel: „Wird er gebraucht, wächst er; wird er nicht benutzt, verkümmert er“ (Spitzer, 2012, S. 37) und bezeichnet es als „das dynamischste Organ in unserem Körper“ (ebd.).

Preiß (2003) war davon überzeugt, dass ein „Grundwissen vom Gehirn hilft, schulisches Lernen effektiver und erfreulicher zu gestalten“ (Preiß, 2003, S. 1). Dies führte zu einer

intensiven Auseinandersetzung mit der Hirnforschung und der Beschäftigung mit den Vorgängen im Gehirn während eines Lernprozesses (Preiß, 2003).

Im menschlichen Gehirn sind die Gliazellen und die Nervenzellen, auch Neuronen genannt, für die Informationsverarbeitung und Informationsspeicherung zuständig. Die Nervenzellen werden als die am besten beforschten Gehirnzellen bezeichnet und verwenden chemische oder elektrische Signale für die Reizverarbeitung. Eine Nervenzelle (siehe Abb. 4) besteht aus einem *Zellkörper*, mehreren *Dendriten* und einem *Axon*, welches sich mehrfach verzweigen kann. Der Zellkörper produziert Informationen und sendet die Signale über das Axon und die Dendriten zu anderen Nervenzellen oder Muskeln (Jensen, 2005; Friedrich, 2005; Schachl, 2016).

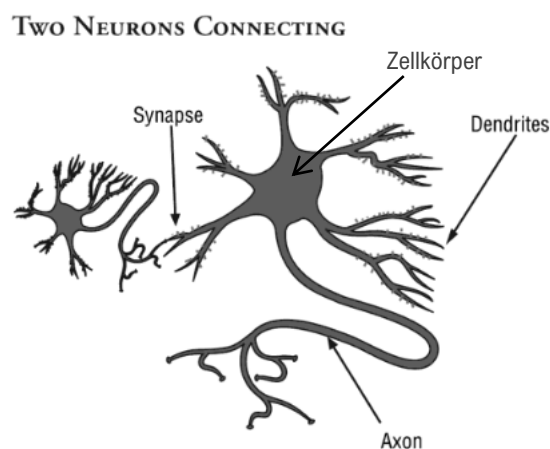


Abb. 4: zwei verbundene Nervenzellen (Jensen, 2005, S. 17)

Die Kontaktstelle der beiden verbundenen Zellen nennt man *Synapse*, von denen ein Mensch 860 Billionen im Gehirn besitzt. Für die Informationsübertragung erzeugt die erste Zelle einen elektrischen Impuls, welcher die Ausschüttung von Botenstoffen veranlasst. Diese sogenannten Transmitter werden in den synaptischen Spalt, ein mikroskopisch kleiner Zwischenraum zwischen beiden Nervenzellen, freigegeben und von dort durch die Rezeptoren der zweiten Zelle aufgenommen. Die Speicherung wird durch einen chemischen Prozess unter der Mithilfe von genetischen Prozessen veranlasst. Dieser Vorgang wiederholt sich bei den nächsten Zellen bis das Signal ihr Ziel erreicht hat (Jensen, 2005, S. 8 ff.; Friedrich, 2005, S. 239 ff.; Schachl, 2016, S.10).

Normale funktionstüchtige Neuronen erzeugen dauerhaft Informationen und sind ständig aktiv. Die Konnektivität wird durch ein Zusammenspiel von chemischen und elektrischen Prozessen in jeder Nervenzelle angetrieben. Informationen fließen immer in zwei Richtungen, denn die empfangende Nervenzelle kommuniziert mit der sendenden Zelle und gibt Feedback. Dadurch können Fehler erkannt und korrigiert werden. Tritt bei der

Informationsübertragung ein Fehler auf, wird darauf reagiert und daraus gelernt. Nervenzellen können nämlich ihre Empfindlichkeiten verändern, wodurch die Wirkung hinsichtlich der Aktivierung der Zielzelle erregend oder unterdrückend ausfallen kann. Lernen beinhaltet demnach nicht nur stimulierende, sondern auch hemmende Prozesse und findet durch die Veränderung der synaptischen Wirksamkeit in der Mikroebene statt (Jensen, 2005, S. 17 f.).

„Die Synapsen sind der eigentliche Ort, an dem sich Lernen generell vollzieht. Jede dauerhafte und dabei nicht auf Reifungsprozesse zurückführende Änderung der synaptischen Übertragungsstärke kann als Lernen bezeichnet werden.“ (Friedrich, 2005, S. 193)

Durch das Lernen kommt es zu einigen Veränderung in der Nervenzelle und dem dazugehörigen Netzwerk. Die Synapsen werden gestärkt und die Anzahl an synaptischen Verbindungen erhöht. Zudem beginnen die Dendriten zu wachsen und es werden neue Neuronen gebildet (Neurogenese). Das gesamte neuronale Netzwerk wird durch das Lernen stärker, dicker, schneller und gefestigt (Jensen, 2005, S. 8 ff.; Schachl, 2016, S. 10)

„Jedes Neuron ist eine integrierende Ganzheit“ (Friedrich, 2005, S. 285) und demnach wichtig für jede einzelne Handlung des Menschen. Ein einzelnes Neuron kann mit bis zu 10.000 anderen Neuronen eine synaptische Verbindung eingehen und Signale erhalten oder übertragen. Dabei kann es sich gleichzeitig um hemmende und erregende Signale handeln. So können sich Neuronen zu Netzen zusammenschließen, welche sich wiederum zu größeren Systemen verknüpfen. Das Zusammenspiel und die Kompatibilität des gesamten Netzwerks bildet die Basis für ein ganzheitlich funktionierendes System und jedes Neuron leistet einen Beitrag. Es werden neue Qualitäten entfaltet, welche „nicht mehr einfach als Summe der Einzelaktivitäten aufgefasst werden können“ (Friedrich, 2005, S. 287) und die Gesamtheit nicht mit der Summe einzelner Teile gleichgesetzt werden kann (Friedrich, 2005, S. 285 ff.).

Wie bereits in einem vorhergehenden Kapitel erwähnt, kann Lernen technisch und neurobiologisch nachgewiesen werden. Folgende Gegebenheiten im Gehirn zeigen, dass ein Lernprozess stattgefunden hat:

- Umänderungen von existierenden Verbindungen
- Elimination von nicht verwendeten Synapsen
- das Wachsen von neuen Verbindungen
- Speicherung exuberanter Verbindungen
- kompensierende Neugestaltung von Hirnarealen

(Jensen, 2005, S. 18)

Der Mensch wird mit zirka 150 bis 200 Billionen Nervenzellen geboren, behält davon jedoch nur ungefähr 100 Billionen. Die restlichen Nervenzellen verschwinden aufgrund unterschiedlicher Ursachen (Jensen, 2005, S. 8). Der Hauptgrund ist jedoch die mangelnde Verwendung. Man muss demnach seine Gehirnzellen nutzen und lernen, um diese zu behalten und wiederum verwenden zu können (Spitzer, 2012, S. 37).

4.6. Das Zusammenspiel von Bewegung und Neurodidaktik

Um ein ganzheitliches Lernen zu gewährleisten, entwickelte Preiß eine Brücke zwischen den folgenden vier Bausteinen, welche heute den Namen „Neurodidaktik“ trägt:

- Wahrnehmung und Sprache
- Aufmerksamkeit, Motivation und Emotion
- Vernetzung, Stützen für das Gedächtnis
- Bewegung

(Preiß & Preiß, 2014, S. 2)

Demnach sei *Bewegung* ein wesentlicher Bestandteil eines effektiven Lernprozesses und keinesfalls zu vernachlässigen. Nicht nur Preiß sieht Bewegung als bedeutenden Faktor im Themenfeld Schule und Lernen an, auch viele Studien zeigen, dass körperliche Aktivität einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg hat.

Es liegt bereits eine Menge an Wissen bezüglich der Effekte von Bewegung auf das Gehirn und die Kognition vor (Hillman, Erickson & Kramer, 2008) und zahlreiche Studien bestätigen die positiven Auswirkungen von Bewegung und Sport auf die kognitive Leistungsfähigkeit.

Einige neuere Studien fokussieren auf die Beziehung zwischen körperlicher Betätigung und schulischer Leistungen. Eine umfangreiche Metaanalyse von 44 Studien im Jahr 2003 stellt bereits positive Auswirkungen von körperlichen Aktivitäten auf die Kognitionsleistungen von Kindern zwischen 4 und 18 Jahren fest. Diese Annahme wurde in acht unterschiedlichen Kategorien untersucht, mitunter einem Mathematiktest, welcher den positiven Zusammenhang bestätigte (Sibley & Etnier, 2003).

Mittlerweile belegen viele Arbeiten eine Korrelation zwischen akademischen Leistungen und körperlicher Betätigung. Eine Studie des California Department of Education² zeigt, dass Leistungen in standardisierten Mathematiktests in einem positiven Zusammenhang mit der körperlichen aeroben Fitness bei Schulkindern stehen. Weitere Studien ergeben vorteilhafte

² www.cde.ca.gov. (o. J.). Abgerufen am 5. Mai 2020 von California Department of Education-Website.

Zusammenhänge von körperlicher Betätigung und anderen Messwerten schulischer Leistungen, wie beispielsweise Schulnoten. Dies lässt sich dadurch erklären, dass mathematische Berechnungen mit demselben neuronalen Netzwerk in Verbindung gebracht werden kann, welches körperliche Bewegung anspricht (Hillman, Erickson & Kramer, 2008).

Ähnliche Effekte konnten bei Erwachsenen erkannt werden. Eine Metaanalyse von 18 theoretischen und praktischen Publikationen zeigte, dass sich die Ergebnisse bei vier verschiedenen kognitiven Aufgabenbereichen nach einem Fitnesstraining signifikant verbesserten (Colcombe & Kramer, 2003).

Eine weitere Studie, welche körperliche Bewegung auch in Form von Wettkampfsport betrachtet, zeigt, dass sportliche Aktivität eine höhere kognitive Leistungsfähigkeit in allen Altersklassen hervorruft. Sportliche und wettkampffaffine Personen weisen eine schnellere geistige Verarbeitungsgeschwindigkeit auf, schneiden verglichen zu der inaktiven Kontrollgruppe besser bei kognitiven Tests ab und weisen zusätzlich bessere schulische Leistungen auf (Müller, 2015).

Im Laufe der vergangenen Jahre erschienen immer mehr interdisziplinäre Studien, welche von positiven Auswirkungen körperlicher Aktivitäten in Form von aeroben Betätigungen auf ausgewählte Aspekte bestimmter Gehirnfunktionen berichten. Sie haben gezeigt, dass körperliche Aktivität, speziell aerobes Fitnesstraining, positive Effekte auf verschiedene Aspekte der Gehirnfunktion und Kognition hat. Körperliche Betätigung verbessert nicht nur die Gesundheit, sondern auch die schulischen Leistungen. Eine steigende Anzahl an Studien unterstützt die Idee, dass körperliche Aktivität ein Beitrag für eine bessere physische und psychische Gesundheit sein kann. Immer mehr Studien bringen körperliche Betätigung mit einer Verbesserung von Gehirnfunktionen und Wahrnehmung in Verbindung. Neurobildgebende Techniken zeigen, dass Bewegungsübungen die Gehirnstrukturen und Funktionen verändern (Hillman, Erickson & Kramer, 2008).

Diese Studien und daraus resultierende Ergebnisse wären ohne der Weiterentwicklung der neurowissenschaftlichen Forschungsmöglichkeiten nicht realisierbar. Der technische Fortschritt und die Erfindung bildgebender Techniken in der Neurowissenschaft führte zu einer Verbesserung des Verständnisses über unsere Gehirnfunktionen und ermöglichen den Nachweis eines bestehenden Zusammenhangs zwischen physischer Aktivität und der Gehirnaktivitäten. Vor der Erfindung dieser technischen Möglichkeiten war man der Meinung, dass Bewegung keine Auswirkung auf die Struktur oder Funktionen des menschlichen Gehirns hat. Erst durch den Einsatz neuer technischer Hilfsmittel konnte nachgewiesen werden, dass Bewegung einige Veränderungen im Gehirn mit sich bringt. Zuerst erkannten Forscher, dass körperliche Aktivität den Stoffwechsel und die Durchblutung im Gehirn

beeinflusst. Überdies konnte beobachtet werden, dass körperliche Aktivität zu Neubildungen von Kapillaren führt (Walk, 2011). Die wichtigste Erkenntnis brachte der schwedische Hirnforscher *Peter S. Eriksson*, welcher entdeckte, dass eine Neubildung von Nervenzellen im menschlichen Hippocampus möglich ist. Der Hippocampus ist für Lernprozesse und Gedächtnisprozesse zuständig und essentiell für die Speicherung von Fakten und Erfahrungen. Ohne dieser Hirnstruktur würden alle eintreffenden Informationen sofort vergessen werden. Lange war man davon überzeugt, dass verlorene Nervenzellen nicht wieder herstellbar und der Verlust von Nervenzellen irreversibel sei. Eriksson et al. (1998) konnte im Zuge seiner Forschung zeigen, dass eine Wiederherstellung zwar nicht möglich ist, die Entstehung neuer Nervenzellen jedoch während der gesamten Lebensspanne funktioniert (Eriksson et al., 1998). Diese Neurogenese kann durch Bewegung und körperliche Aktivität ausgelöst und unterstützt werden (Walk, 2011).

Die Bildung neuer Nervenzellen durch körperliche Aktivitäten ist eine wesentliche Tatsache, warum Bewegung eine positive Wirkung auf den Lernprozess hat. Neben der Veränderung der Gehirnstrukturen und der Einfluss auf die Durchblutung und den Stoffwechsel des Gehirns, bewirkt Bewegung einen weiteren Impuls, der sich positiv auf unsere kognitiven Fähigkeiten auswirkt. Sie löst eine erhöhte Konzentration der Neurotransmitter im Gehirn aus, welche für die Kommunikation zwischen der Nervenzellen und die Übertragung von Signalen und Informationen verantwortlich sind, was zu einer verbesserten Gehirnleistung führt. Diese Fakten bestätigen nochmals die Wichtigkeit von regelmäßiger physischer Bewegung in Bezug auf kognitive Prozesse und damit verbundene Leistungen (Walk, 2011, S. 27 f.).

Laut Walk (2011) fördert Bewegung und Sport außerdem die exekutiven Funktionen, welche in einem guten Zustand „die Basis für erfolgreiches Lernen“ (Walk, 2011, S. 28 f.) darstellen. Diese ermöglichen die Steuerung und Regulation des Denkens und Verhaltens, beeinflussen Entscheidungsprozesse und haben eine bedeutsame Wirkung auf die selektive Aufmerksamkeit, Problemlösefähigkeiten und die Fehlerverarbeitungs kompetenz. Besonders ausdauernde Belastungsformen, aber auch bilaterale koordinative Bewegungsaufgaben sollen sich laut einigen Studien positiv auf die exekutiven Funktionen auswirken (Walk, 2011, S. 28 f.).

Walk (2011) weist darauf hin, dass die positiven Folgen von Bewegung und Sport während der gesamten Lebensdauer anhalten und dadurch einen enormen Einfluss auf den Entwicklungsprozess eines Menschen hat, von dem sowohl die Lernleistung von Schülerinnen und Schülern als auch die kognitive Leistungsfähigkeit im Erwachsenenalter abhängen (Walk, 2011, S. 29). Auch Hillman, Erickson & Kramer (2008) bestätigen, dass Bewegung in jeder Altersstufe während der gesamten Lebensspanne wichtig und vorteilhaft

ist und frühe Interventionen bedeutende Auswirkungen auf die Verbesserung und die Aufrechterhaltung der kognitiven Gesundheit und kognitiver Funktionen während des Erwachsenenalters haben (Hillman, Erickson & Kramer, 2008, S. 59). Im frühen Kindesalter funktioniert die Bildung und das Vernetzen von Nervenzellen sehr schnell verglichen zu späteren Lebensabschnitten (Ratey & Hagermann, 2008, S. 49). Die dadurch entstandene Anpassungsfähigkeit des Gehirns bleibt zeitlebens bestehen und bildet „die Grundlage dafür, dass körperliche Aktivität die geistige und psychische Verfassung des Menschen fortwährend fördert und auf zellulärer Ebene Einfluss auf das Lernen nimmt.“ (Walk, 2011, S. 27) Demnach soll die körperliche Leistungsfähigkeit bereits in jungen Jahren regelmäßig gefordert und dies lebenslang beibehalten werden (Walk, 2011, S. 29).

Die Verbindung dieser Thematik mit der Neurodidaktik und die Erklärung des expliziten Zusammenhangs zwischen Bewegung und Lernen, bietet die neue wissenschaftliche Disziplin „Bewegungsneurowissenschaft“ (Walk, 2011, S. 27).

Die Neurodidaktik ist aus der Erkenntnis entstanden, dass Lernen die Strukturen im Gehirn verändert und geht von einem im Gehirn stattfindenden Lernprozess aus (Friedrich, 2005). Hier knüpft die Bewegungsneurowissenschaft an (Walk, 2011, S. 27). Sobald ein Lernprozess ausgelöst wird, werden Nervenzellen neu gebildet und verknüpft. Dasselbe gilt für körperliche Aktivitäten. Durch Bewegung und Sport werden genauso wie beim Lernen Nervenzellen gebildet, miteinander verknüpft und es entstehen neue Gehirnstrukturen. Besonders koordinativ fordernde Bewegungen mit komplizierten Bewegungsabläufen vergrößern die Netzwerke des menschlichen Gehirns und stärken diese. „Je komplexer die Bewegungen, desto komplexer die synaptischen Verbindungen.“ (Ratey & Hagermann, 2008, S. 73) Diese durch Bewegung entstandenen Zellen, Verknüpfungen und Netzwerke können von unterschiedlichen Gehirnregionen rekrutiert und zum Lernen genutzt werden (Ratey & Hagermann, 2008, S. 70 ff.).

Heutzutage ist es aufgrund unserer veränderten Lebensweise und Alltagsgestaltung wichtig, Menschen darauf aufmerksam zu machen, welchen physischen als auch psychischen Nutzen körperliche Bewegung bringt. „Unsere Kultur behandelt Geist und Körper wie zwei Dinge, die getrennt voneinander existieren“, meinen Ratey & Hagermann (2008, S. 10) und setzten sich zum Ziel eine verständliche Verbindung herzustellen und der Menschheit klar zu machen, wie stark diese beiden Thematiken zusammenhängen.

„Ich erkläre die Wissenschaft, wie körperliche Bewegung die Bausteine des Lernens im Gehirn anregt, wie sie unsere Stimmung, Ängste und Konzentrationsfähigkeit beeinflusst, wie sie uns vor Stress schützt und einige Folgen des Alterns im Gehirn umzukehren vermag und wie sie bei

Frauen helfen kann, die mitunter turbulenten Auswirkungen hormoneller Veränderungen zu kontrollieren.“ (Ratey & Hagermann, 2008, S. 11)

Diese Aussage verdeutlicht nochmals, die vielfältigen positiven Konsequenzen und, „dass körperliche Bewegung einen tief greifenden Einfluss auf kognitive Fähigkeiten und die mentale Gesundheit hat“ (Ratey & Hagermann, 2008, S. 15).

Von dieser Tatsache macht das im folgenden Kapitel beschriebene Programm *Vital4Brain* Gebrauch. *Vital4Brain* ist ein Programm bestehend aus koordinativ herausfordernden Bewegungsaufgaben, dessen Ausübung die Neubildung und Verknüpfung von Nervenzellen veranlasst, was zu einer verbesserten Merk-, Denk- und Konzentrationsfähigkeit führt (Schwarz, 2012).

5. Das Bewegungsprogramm „Vital4Brain – Bewusst bewegen. Besser lernen.“

Vital4Brain ist eines der drei Bewegungsprogramme von SIMPLY STRONG. Der Schulverein SIMPLY STRONG hat das Ziel, Kinder dabei zu unterstützen, ihre Lernfähigkeit zu verbessern. Schülerinnen und Schüler leiden vermehrt unter mangelnder Konzentrationsfähigkeit, sind mental überfordert oder körperlich aufgrund der enormen Sitzzeiten beeinträchtigt. Dessen sowie der weiteren Folgen, wie Stress oder schlechte Noten, ist sich der Schulverein bewusst. Unter dem Motto „Einfach viel erreichen“ möchte er gegen diese negativen Auswirkungen ankämpfen und hat für diesen Zweck die Programme *Vital4Brain*, *Vital4Heart* und *Vital4Body* entwickelt, welche die Schülerinnen und Schülern in ihrem täglichen Schulalltag unterstützen sollen³.

5.1. Vorstellung des Programmes

Das Programm *Vital4Brain* bietet koordinativ herausfordernde Übungen und Einheiten, welche die Lernbereitschaft und Konzentrationsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler steigern soll. Es kann situationsbedingt während der Unterrichtsstunde und direkt im Klassenzimmer eingesetzt werden, um diese für eine kurze Zeit mit der Bewegung und Lachen zu unterbrechen. Dieser kurze Unterrichtsstopp hat bewiesenermaßen eine Verbesserung der Merk- und Konzentrationsfähigkeit zufolge, sodass die Schülerinnen und Schüler im weiteren Verlauf der Unterrichtsstunde konzentrierter, aufmerksamer und aufnahmefähiger sind. Das Programm beinhaltet insgesamt 250 Bewegungsübungen und 16 fertig zusammengestellte Einheiten. Alle Übungen und Einheiten sind auf der Homepage des Schulvereins SIMPLY STRONG in Form von Videos online verfügbar (Schwarz, 2012).

5.2. Programmstruktur

Eine *Vital4Brain*-Einheit setzt sich aus drei Teilen, einem Aktivierungsteil, einem Hauptteil und einem Überleitungsteil, zusammen. Für diese Unterteilung wurden drei Modulgruppen entwickelt: Aerobix, Koordix, Relaxix.

³ www.simplystrong.at (2019). Abgerufen am 26. März 2020 von SIMPLY STRONG-Website.

Eine Einheit beginnt mit dem Aktivierungsmodul „Aerobix“. Durch die Übungen dieses Moduls werden die Aktivierung des Herz-Kreislauf-Systems sowie der Muskeln und die Mobilisation der Gelenke veranlasst (Schwarz, 2012, S. 10).

Die Übungen des Koordinationsmoduls „Koordix“ stellen den Hauptteil einer Einheit dar und sollen die Schülerinnen und Schüler vor koordinative Herausforderungen stellen. Hier werden die betroffenen Areale des Gehirns am meisten gefordert. Die komplexen Aufgabenstellungen des Moduls aktivieren die neuronalen Netzwerke im Gehirn und stärken diese (Schwarz & Nikl, 2012, S. 11 f.).

Der Überleitungsteil „Relaxix“ dient der Entspannung und Vorbereitung auf die anschließende Unterrichtseinheit. Dieser beinhaltet beruhigende Übungen, welche die Kinder auf ein für das Lernen optimales Aktivierungsniveau bringen soll und bildet somit den Abschluss einer Einheit (Schwarz & Nikl, 2012, S. 12).

Die Dauer einer *Vital4Brain*-Einheit soll ungefähr 7 bis 13 Minuten betragen. Die optimale Durchführungshäufigkeit einer Einheit wäre 2 bis 3-mal pro Woche durchgehend während eines gesamten Schuljahres (Schwarz, 2012, S. 18 f.).

5.3. Umsetzung in der Schule

Vital4Brain ist für Schülerinnen und Schüler aller österreichischen Schulformen konzipiert und kann in jeder Schulstufe durchgeführt werden.

Das Programm ist direkt im Klassenraum mit Alltagsbekleidung in jeder Stunde umsetzbar. Es kann entweder direkt von der unterrichtenden Lehrperson angewendet werden, welche ihre Unterrichtsstunde zu einem passenden Zeitpunkt unterbricht und eine Einheit anleitet. Eine weitere Variante wäre die Anwendung des *Vital4Brain*-PeerCoaching- oder LehrerCoaching-Systems. Hierfür kann für die gesamte Schule oder einzelne Klassen ein Plan erstellt werden, welche Coaches welche Klassen zu welchem Zeitpunkt besuchen, um eine Einheit durchzuführen. Dieser muss vorab mit der Direktion und den Klassenlehrerinnen und -lehrern besprochen und abgestimmt werden. Dafür empfohlene Fortbildungen werden für Lehrpersonen von den Pädagogischen Hochschulen oder von dem Schulverein österreichweit kostenlos angeboten. Eine dritte Möglichkeit wäre der Einsatz der vom Schulverein entwickelten und zur Verfügung gestellten Materialien, wie das Abspielen einer fertigen Einheit von der Homepage über einen Beamer oder das Verwenden des online erhältlichen Kartensets (Schwarz, 2012, S. 16).

5.4. Vorstellung einer Vital4Brain Einheit

Dieses Kapitel dient dazu eine konkrete Vorstellung zu dem Programm zu bekommen. Es soll veranschaulichen, wie eine Einheit praktisch aussehen könnte und welche Übungen das Programm beinhaltet.

Die folgende Einheit wurde dem Kartenset des Schulvereins entnommen. Wie der Titel „Finger.Memory“ verrät, hat diese die Fähigkeiten des Erinnerns und Rechnens im Fokus.

Die Einheit startet mit zwei Aktivierungsübungen, welche durch den Buchstaben „A“ vor dem Namen der Übung gekennzeichnet sind. Diese werden in einer sitzenden Position durchgeführt und besitzen die Schwierigkeitsstufen 1 und 2, welche man durch die grün ausgefüllten Kreise in dem hellblauen Balken erkennt (Abb. 5 und Abb. 6).



Abb. 5: A19: Sitz.Faust



Abb. 6: A20: Sitz.Boxen

Das Modul „Koordix“ besteht aus insgesamt sechs Übungen, welche durch den Buchstaben „K“ erkennbar sind (Abb. 7 bis Abb. 12). Bei diesen handelt es sich um Partnerübungen, worauf man durch die Anzahl der grünen Figuren in der rechten unteren Ecke hingewiesen wird. In dem Hauptteil der Einheit werden die kognitiven Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler in Form von Rechenaufgaben gefordert, sowie die exakte Koordination und Zusammenarbeit von Gehirn und Körper. Ziel dieser Übungen ist es richtige Bewegungsantworten auf die mathematischen Aufgabestellungen zu geben. Diese

Übungsvariante stellt für beide Partner eine Herausforderung dar. Während eine Person rechnet und bestenfalls die richtigen Antworten anhand von Bewegungsformen darstellt, muss die andere jederzeit mitdenken und die Antworten kontrollieren.

 **Vital4Brain** in Partnerschaft mit 

Finger.Memory

K55: Finger.Zehnerl



Bei dieser Partnerübung setzt ihr euch gegenüber und hebt beide Arme. Einer übernimmt die Rolle des Trainers, der jetzt ein Rechenlehrer ist und mit den Fingern eine Zahl von null bis zehn zeigt. Der Schüler schaut genau, rechnet und zeigt mit den Fingern das Ergebnis.



Es wird von „zehn“ subtrahiert. Der Trainer zeigt beispielsweise „acht“. Der Schüler subtrahiert acht von zehn und zeigt das Ergebnis „zwei“ mit den Fingern beider Hände. Falls das Ergebnis größer als eins ist, muss man die Zahl mit beiden Händen darstellen.



Es darf beim Rechnen geredet werden! Die Übung bleibt gleich. Jetzt erzählt der Schüler während des Rechnens eine Geschichte. Erkennt ihr, wie langsam ihr rechnet und wie viele Fehler sich einschleichen? Versteht ihr, warum es im Unterricht leise sein soll?

© 2015 Schulverein Vital4Brain 

Abb. 7: K55: Finger.Zehnerl

 **Vital4Brain** in Partnerschaft mit 

Finger.Memory

K56: Finger.Zeig



Bei dieser Partnerübung setzt ihr euch gegenüber. Einer übernimmt die Rolle des Trainers, der jetzt Achtsamkeit fordert und prüft. Der Schüler streckt seinem Trainer die Arme mit nach oben geöffneten Handflächen entgegen, er schließt die Augen und erwartet Berührungen.



Der Trainer berührt mit seinem Zeigefinger einen Finger, außer den Daumen, seines Partners. Der Schüler beantwortet diese Berührung, indem er den gleichen Finger der nicht berührten Hand zum gleichseitigen Daumen bringt. Rollentausch nicht vergessen!



Wenn das Berührungsspiel mit festem Druck klappt, wird der Druck reduziert bis nur noch eine leichte Berührung mit dem Zeigefinger des Trainers stattfindet. Wenn auch das klappt, wird die Kontaktzeit vermindert und zum Ende hin auch die Berührungsfrequenz erhöht.

© 2015 Schulverein Vital4Brain 

Abb. 8: K56: Finger.Zeig

 **Vital4Brain** in Partnerschaft mit 

Finger.Memory

K57: Finger.Merk



Die Partner sitzen sich gegenüber. Einer übernimmt die Rolle des Trainers, der Achtsamkeit und Merkfähigkeit fordert und prüft. Der Schüler streckt seinem Trainer die Arme mit nach oben geöffneten Handflächen entgegen, er schließt die Augen und erwartet Berührungen.



Der Trainer berührt mit seinem Zeigefinger vier Finger, außer den Daumen, seines Partners hintereinander. Dieser wartet die vier Berührungen ab und beantwortet diese, indem er die gleichen Finger der nicht berührten Hand zum Daumen bringt.



Wenn das Merkspiel mit drei Berührungen und festem Druck klappt, wird der Druck reduziert und die Anzahl der Berührungen erhöht. Wenn auch das klappt, muss der Schüler vor der Reproduktion des Gemarkten eine Runde um den Sessel gehen.

© 2015 Schulverein Vital4Brain 

Abb. 9: K57: Finger.Merk

 **Vital4Brain** in Partnerschaft mit 

Finger.Memory

K58: Finger.Rechnen



Suche dir einen Partner. Du sitzt oder stehst diesem gegenüber, so dass ihr euch an den Fingern berühren könnt. Es geht um „bewegtes“ Rechnen. Die Finger deines Partners werden auf jeder Seite von eins bis fünf durchnummeriert. Beginnend beim Daumen mit „eins“.



Es wird addiert! Der Trainer berührt mit seinen Zeigefingern jeweils einen Finger der linken und rechten Schülerhand. Dieser spürt die Berührung, ordnet die Zahl zu, addiert und benennt das Ergebnis. Zuerst mit offenen, dann mit geschlossenen Augen.



Jetzt wird multipliziert! Wie beim Addieren beschrieben, gibt der Trainer die Zahlen durch Berührungen vor. Der Schüler multipliziert und nennt das Ergebnis, zuerst mit offenen, dann mit geschlossenen Augen. Vergesst nicht auf die Kontrolle und auf den Rollentausch!

© 2015 Schulverein Vital4Brain 

Abb. 10: K58: Finger.Rechnen

 **Vital4Brain** in Partnerschaft mit 

Finger.Memory

K59: Orgelspielen




Wir setzen die Übung K58: „Finger.Rechnen“ fort. Jetzt kommen die Beine mit ins Spiel. Wie auf einem Orgelmanual geben wir dem Partner ein zusätzliches Kommando. Mit den Füßen wird die Art der Rechenoperation angegeben. Kein Fußkontakt bedeutet „Addition“.



Wenn der Trainer mit seinem Fuß den rechten Schülerfuß berührt, stehen die Zeichen auf „Multiplikation“. Jetzt müssen alle mit den Fingern angedeuteten Zahlen multipliziert werden. Ist das Ergebnis richtig, folgt unmittelbar die nächste Rechnung.



Wechselt der Trainer die Berührung auf den linken Schülerfuß, steht die Subtraktion am Programm. Es wird die kleinere von der größeren angedeuteten Zahl abgezogen und das Ergebnis genannt. Wenn es einzeln klappt, werden die Rechenoperationen abgewechselt.

© 2015 Schulverein Vital4Brain 

Abb. 11: K59: Orgelspielen

 **Vital4Brain** in Partnerschaft mit 

Finger.Memory

K60: Ergänze auf „5“




Ihr sitzt euch gegenüber und hebt spiegelgleich einen Arm. Einer von euch übernimmt die Rolle des Trainers, der mit den Fingern eine Zahl von null bis fünf zeigt. Der Schüler schaut genau, rechnet und zeigt mit den Fingern die Differenz auf „fünf“.



Die Sitzposition bleibt, jedoch werden beide Arme gehoben. Der Trainer zeigt mit beiden Händen eine Zahl von „eins“ bis „fünf“. Mit der jeweils spiegelgleichen Hand ergänzt der Schüler jeweils auf „fünf“. Der Trainer kontrolliert und gibt die Rechengeschwindigkeit vor.



Sitz- und Armposition wie bei der vorigen Übung, jetzt antwortet der Schüler auf die Fingerbewegungen der diagonalen Trainerhand und ergänzt auf „fünf“. Auf Kommando „cross“ oder „longline“ des Coaches kann zwischen den beiden Ausführungen gewechselt werden.

© 2015 Schulverein Vital4Brain 

Abb. 12: K60: Ergänze auf "5"

Die Einheit endet mit zwei Übungen des Überleitungsmoduls „Relaxix“ mit dem Buchstaben „R“ (Abb. 13 und Abb.14). Diese einfachen Beruhigungsübungen können im Sitzen durchgeführt werden. Durch den Wechsel zwischen Anspannung und Entspannung richtet man den Fokus auf sich selbst, seine Muskeln und spürt den eigenen Körper bewusster. Die Schülerinnen und Schüler sind zurück im Hier und Jetzt und können nun dem Unterricht fokussierter folgen.

 **Vital4Brain** in Partnerschaft mit 

Finger.Memory

R19: Loslassen




Du sitzt am Sessel, der untere Rücken liegt an der Sessellehne. Die Beinhaltung ist offen, Fußsohlen liegen ganz auf. Die Arme streckst du zur Seite und spreizt deine Finger. Nach drei Sekunden Spannung lässt du für sechs Sekunden locker. Wiederhole den Zyklus 3-mal.



Behalte die Sitzposition bei. Jetzt beugst du die Arme und du ballst eine Faust. Über drei Sekunden hältst du die Spannung im Ober-, Unterarm und in den Fingern. Lass für sechs Sekunden die Spannung los und öffne leicht die Finger. Wiederhole 3-mal.



Aus deiner Sitzposition lässt du die Arme zur Seite fallen. Spüre wie sich Finger, Hände und Arme anfühlen. Ziehe die Schultern nach unten und pendle die Arme vor und zurück. Die Pendelbewegungen werden immer kleiner und stoppen schlussendlich in der Körpermitte.

© 2015 Schulverein Vital4Brain 

Abb. 13: R19: Loslassen

 **Vital4Brain** in Partnerschaft mit 

Finger.Memory

R20: Zurückkommen




Du sitzt am Sessel, der untere Rücken liegt an der Sessellehne. Die Beinhaltung ist offen, Fußsohlen liegen ganz auf. Die Arme führst du so in die Höhe, dass der Oberarm waagrecht und der Unterarm senkrecht stehen. Dazu ballst du die Faust und spannst alle Muskeln an.



Aus dieser intensiven und energieraubenden Spannungsposition entspannst du in zehn Schritten. Diese Schritte zählst du mit deinen Fingern. Aus der geballten Faust öffnest du den Daumen zum „ersten“ Schritt des Entspannens, dann Stufe „zwei“ und „drei“.



Noch immer stehst du unter Spannung. Aber mit jedem Finger, den du streckst kommst du dem Zustand der Entspannung näher. Bei der Stufe „zehn“ sind alle Finger gestreckt und du sitzt möglichst entspannt am Stuhl. Aus dieser Entspannung kommst du „zurück“ und bist für neue Aufgaben bereit.

© 2015 Schulverein Vital4Brain 

Abb. 14: R20: Zurückkommen

6. Empirische Untersuchung

6.1. Datengrundlage

6.1.1. Forschungsfeld

Im Zuge dieser Arbeit soll die Wirkung des Programms *Vital4Brain* im Mathematikunterricht mithilfe einer empirischen Forschung untersucht werden. Das Ziel dieser Forschung ist die Feststellung einer Veränderung der Konzentrationsfähigkeit von Schülerinnen und Schülern aufgrund der regelmäßigen Ausübung von *Vital4Brain*-Einheiten. Zur Ermittlung dieser nahmen 198 Schülerinnen und Schüler aus insgesamt neun Interventions- und Kontrollklassen an der Untersuchung teil. Die Studie wurde an einem Bundesgymnasium in Niederösterreich durchgeführt. Um ein möglichst breites Spektrum an Altersklassen abzudecken wurde diese in der 5. Schulstufe, der 7. Schulstufe sowie in der 11. Schulstufe abgehalten. Aus der 5. Schulstufe nahmen 81 Schülerinnen und Schüler an der Untersuchung teil, aus der 7. Schulstufe 62 Schülerinnen und Schüler und 55 aus der 11. Schulstufe. Pro Schulstufe wurden zwei Interventionsklassen und eine Kontrollklasse beliebig ausgewählt.

Aufgrund der Minderjährigkeit fast aller teilnehmenden Schülerinnen und Schüler wurden Einverständniserklärungen an die Erziehungsberechtigten ausgehändigt. Im Zuge dessen wurde über das Forschungsvorhaben informiert und mit einer Unterschrift die Einwilligung der Verwendung der Daten, welche sich aus der Forschung ableiten lassen, für diese Arbeit eingeholt. Konnte keine Zustimmung in Form einer signierten Einverständniserklärung erhalten werden, wurden die Testbögen des betroffenen Kindes nicht für die Studie verwendet.

Die Testungen wurden anonym durchgeführt. Um Vergleichswerte derselben Personen zu den unterschiedlichen Zeitpunkten zu erhalten, wurde ein individueller Code erstellt unter welchem die Ergebnisse abgespeichert wurden. Die Testdaten werden ausschließlich für diese Untersuchung genutzt und nicht an Dritte weitergegeben.

6.1.2. Untersuchungsdesign

6.1.2.1. *Parallelisierung*

Im Zuge dieser Forschung sollen Veränderungen der Konzentrationsleistung bestimmter Schülerinnen und Schüler während eines festgelegten Forschungszeitraumes festgestellt

werden. Um eine Veränderung erkennbar zu machen, sind zwei ähnliche Testungen an zwei unterschiedlichen Zeitpunkten notwendig. Um eine Verfälschung des Ergebnisses aufgrund der Ähnlichkeit beider Tests zu vermeiden und die interne Validität zu erhöhen, gibt es zu je zwei Interventionsklassen eine Kontrollklasse. Die jeweiligen Parallelgruppen wurden aus derselben Schulstufe gewählt und weisen eine ähnliche Geschlechterverteilung auf. Aufgrund der Übereinstimmung mehrerer Merkmale können die Klassen derselben Schulstufe als vergleichbare Untersuchungsgruppen gewertet werden.

6.1.2.2. Untersuchungsinstrument: Testbogen

Die Daten dieser Forschung wurden mittels eines Testbogens erhoben. Dieser besteht aus einem Deckblatt, dem die Kinder die Inhalte und Dauer entnehmen konnten, sowie ihren persönlichen Code erstellen konnten, um die Anonymisierung zu gewährleisten. Für die Datenerhebung wurden zwei Testbereiche gewählt, welche sich inhaltlich und formal unterscheiden.

6.1.2.2.1. Inhalte

Der erste Teilbereich beinhaltet *geometrische* Aufgabenstellungen im zwei- und dreidimensionalen Raum. Die Testaufgaben wurden aus dem Aufgabenpool des jährlich in Österreich durchgeführten und bundesweit bekannten Känguru-Wettbewerbs ausgewählt. Die originalen Testangaben des Mathematik-Wettbewerbs sind online auf deren Homepage⁴ abrufbar und dürfen nach Absprache und Bestätigung der dafür zuständigen Person für die Testungen im Zuge der vorliegende Forschung verwendet werden. Bei der Auswahl der Beispiele habe ich mich an den Schwierigkeitsstufen der Tests des Känguru-Wettbewerbs orientiert. Deren Aufgaben werden anhand der Schwierigkeitsgrade kategorisiert und in drei verschiedene Stufen eingeteilt, welche durch eine unterschiedlich zu erreichende Punkteanzahl gekennzeichnet sind.

Da meine Arbeit die Konzentrationsfähigkeit im Fokus hat, wurden keine Aufgaben des schwierigsten Grades gewählt und den Schülerinnen und Schülern für die Bearbeitung der Aufgaben genügend Zeit zur Verfügung gestellt.

⁴ www.kaenguru.at (2017). Abgerufen am 23. März 2020 von Känguru der Mathematik-Website.

Insgesamt beinhaltet der Geometrieteil sechs Aufgaben, wobei drei der leichtesten Schwierigkeitsstufe entsprechen und drei der mittleren Schwierigkeitsstufe. Für das Lösen aller sechs Aufgaben haben die Schülerinnen und Schüler 15 Minuten Bearbeitungszeit.

Das Testformat sowie die Durchführung ist bei beiden Testungen ident, die konkreten Inhalte werden sich bei den Prä- und Posttestungen voneinander unterscheiden.

Der zweite Testbereich ist ein *Revisionstest*. Das ist ein mathematikspezifischer Konzentrationsleistungstest, bei welchem es darum geht richtige und falsche Rechnungen zu erkennen. Für die Testungen dieser Forschung habe ich die Form A gewählt, bei welcher einstellige Additionen mit einstelligen Lösungen bearbeitet werden müssen. Der Test besteht aus insgesamt 15 Zeilen mit 44 unterschiedlichen Rechnungen pro Zeile. Die Schülerinnen und Schüler haben pro Zeile 30 Sekunden für die Bearbeitung der Additionen Zeit. Folgt ein Signal des Testleiters, so muss mit der nächsten Zeile begonnen werden. In den Zeilen befinden sich beliebig angeordnet entweder richtige oder falsche Additionen, welche je nach Richtigkeit abgehakt oder durchgestrichen werden müssen. Die Bearbeitungszeit des gesamten Tests beträgt 7 ½ Minuten, mitsamt der standardisierten Instruktionen kann dieser innerhalb von 20 Minuten erklärt und durchgeführt werden. Der Einsatzbereich des Tests liegt bei Kindern und Jugendlichen ab 9 Jahren und reicht bis zum Erwachsenenalter, für welche entsprechende Altersnormen für die Auswertung vorliegen (Marschner, 1972).

Der Revisionstest wird durch den Titelzusatz vom Autor als „allgemeiner Leistungstest zur Untersuchung anhaltender Konzentration bei geistiger Tempoarbeit“ (Marschner, 1972) beschrieben. Dieser hebt sich durch einige Eigenschaften heraus und eignet sich besonders gut für die zu erforschenden Inhalte dieser Arbeit:

- Der Revisionstest liefert neben Aussagen zur jeweiligen Konzentrationsfähigkeit unter Belastung auch Informationen zum individuellen Arbeitsstil und -verhalten.
- Es handelt sich um grundlegende mathematische Inhalte, welche sich perfekt für die Erforschung der Konzentrationsfähigkeit im Mathematikunterricht eignen.
- Die Durchführungszeit von 7 ½ Minuten ist verglichen mit anderen Tests sehr gering, in welcher mathematische Routinearbeit unter Zeitdruck verlangt wird.
- Der Revisionstest ist sowohl als Einzeltest, als auch als Gruppentest anwendbar und hat sich im schulpsychologischen Bereich bereits bewährt.
- Der Revisionstest wurde auf die Gütekriterien überprüft. (Marschner, 1972, S. 4)

Der Revisionstest verlangt laut Handreichung bei beiden Testungen dasselbe Aufgabenblatt und fordert demnach eine Testung einer Kontroll- und einer Interventionsgruppe.

6.1.2.2.2. Testbögen

Die Aufgaben und Inhalte der Testbögen wurden so gewählt, dass die Anforderungen der Testbereiche den Niveaus der jeweiligen Schulstufen entsprechen. Aufgrund dessen können nicht nur Vergleiche zwischen den einzelnen Schulstufen vorgenommen werden, sondern auch zwischen den drei verschiedenen Schulstufen. Zusätzlich wurden die Interventionsklassen und die Kontrollklassen zu je einer Gruppe zusammengefasst und diese beiden miteinander verglichen.

Jeder Testbogen besteht aus insgesamt vier Seiten und dem Revisionstestbogen. Das Deckblatt beinhaltet Informationen zum Testablauf und bietet Platz und Hilfestellungen für die Erstellung des individuellen Codes. Die folgenden zwei Seiten beinhalten die Aufgabestellungen des Geometrieteils. Anschließend folgt ein Instruktions- und Übungsblatt zum Revisionstest, an welchen der gefaltete A3-Testbogen des Revisionstests angeheftet ist. Die Testbögen der Prä- und Posttests aller Schulstufen wurden dem Anhang beigelegt.

6.1.2.3. Auswertungsmethodik

Um für diese Forschung aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, wurden bei allen Probanden zwei Testungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt. Diese wurden anschließend ausgewertet, die Ergebnisse miteinander verglichen und dementsprechend interpretiert.

Bei der Auswertung des ersten Teilbereichs, welcher geometrische Aufgabenstellungen des Känguru-Wettbewerbs beinhaltet, habe ich deren Auswertungskriterien und Punktesystem übernommen. Für jede richtige Antwort gibt es eine bestimmte Punkteanzahl zu erreichen. Für die ersten drei Beispiele der leichteren Kategorie gibt es drei Punkte zu erreichen, für die Beispiele 4 bis 6 können vier Punkte erreicht werden. Für jede inkorrekte Antwort wird ein Viertel der erreichbaren Punkte abgezogen. Die Punkte aller sechs Beispiele werden addiert, wodurch sich pro Proband eine Gesamtpunkteanzahl ergibt. Diese Gesamtpunkteanzahl beider Testungen wird einander gegenübergestellt und verglichen.

Die Auswertung des Revisionstests erfolgt in zwei Schritten. Zuerst werden die Rohwerte (Menge, Fehler und Verbesserungen) gemäß der zum Test gehörenden Handreichung ermittelt. Anschließend werden diese Rohwerte mithilfe von Normtafeln in Statine-Werte umgerechnet (Marschner, 1972, S. 7f.).

Die Werte jedes Probanden beider Tests werden in einer Excel-Tabelle notiert und gegenübergestellt. Die statistische Auswertung wird mit dem Statistikprogramm „SPSS“ durchgeführt. Die Daten der Excel-Tabelle werden in diesem Programm mithilfe entsprechender Methoden ausgewertet und analysiert.

6.1.3. Durchführung der Datenerhebung

Grob setzt sich der Forschungszeitraum der Datenerhebung aus drei Phasen zusammen: erste Datenerhebung (Prätest), Interventionsphase, zweite Datenerhebung (Posttest).

Im Zuge dieser Untersuchung sollen Veränderungen während eines festgelegten Zeitraumes festgestellt werden. Dieser verlief über eine sechswöchige Interventionsphase mit vorhergehenden und abschließenden Testungen. Die Forschung startete mit einer ersten Datenerhebung Mitte September 2019, damit der Forschungszeitraum sechs Wochen lang ohne Unterbrechung gegeben ist und beide Datenerhebungen noch vor den Herbstferien durchgeführt und abgeschlossen werden konnte. In diesen sechs Wochen folgten wöchentliche Interventionen der Interventionsklassen, welche bis Ende November andauerte. Einmal pro Woche besuchte ich über den gesamten Forschungszeitraum jede Interventionsklasse in einer Mathematikstunde in welcher eine *Vital4Brain*-Einheit durchgeführt wurde und protokollierte den gesamten Stundenverlauf. Die zweite Datenerhebung folgte direkt im Anschluss an die Interventionsphase.

6.1.3.1. Prä- und Posttest

Um Erkenntnisse zur Effektivität des Programms zu erlangen, sind Vergleichstests nötig. Ziel dieser Untersuchung ist es Veränderungen vor und nach der Durchführung der wöchentlichen *Vital4Brain*-Interventionen während der Interventionsphase zu erkennen. Um dies feststellen zu können sind laut Kauffeld (2014) zwei Testungen, sogenannte Vorher-Nachher-Messungen, jeder Untersuchungsgruppe nötig.

Der Prätest wurde vor Beginn der Interventionsphase durchgeführt. Für diesen wurden drei verschiedene Testbögen, deren Inhalte den unterschiedlichen Schulstufenniveaus entsprechen, erstellt und vor der Durchführung der ersten *Vital4Brain*-Einheit durchgeführt. Eine zweite Testung wurde nach Beendigung der letzten Intervention durchgeführt. Dieser Posttest liefert Vergleichswerte, welcher eine Vergleichsbasis für aussagekräftige Ergebnisse legt (Kauffeld, 2014).

Das Testformat aller Tests ist sowohl bei den Prätests als auch bei den Posttests ident, die konkreten Testinhalte des ersten Testbereichs weichen inhaltlich voneinander ab. Da in diesem Bereich nur sechs Aufgaben zu bearbeiten sind, die Schülerinnen und Schüler sich länger mit einer Aufgabe intensiver beschäftigen, könnten sie sich bei der zweiten Testung daran erinnern, was das Ergebnis verfälschen würde. Aufgrund dessen wurden für den zweiten Test andere Aufgaben desselben Schwierigkeitsgrades gewählt. Der Revisionstest verlangt bei beiden Testungen zwei identische Testbögen, um Informationen zu etwaigen Verbesserungen oder Verschlechterungen liefern zu können.

Die Dauer der Testungen einer Klasse wurde mit weniger als 40 Minuten bemessen, wodurch diese samt Instruktion innerhalb einer Schulstunde durchgeführt werden konnten. Nach einer kurzen Einleitung folgte das gemeinsame Ausfüllen des persönlichen Codes auf dem Deckblatt des Testbogens. Anschließend wurde der Ablauf des ersten Testbereichs mit geometrischen Aufgaben erklärt. Nach der Instruktion hatte die Klasse für die Bearbeitung der Aufgaben 15 Minuten Zeit. Währenddessen durfte nicht geredet, zusammengearbeitet oder aufgestanden werden. Anschließend wurde der Testbogen wieder geschlossen und die standardisierte Instruktion und Durchführung des zweiten Teilbereichs, dem Revisionstest, folgte. Mit dem Stoppsignal nach Bearbeitung der letzten Zeile wurden alle Stifte weggelegt, die Testbögen geschlossen und eingesammelt.

Beide Testungen wurden innerhalb von zwei Tagen durchgeführt, wobei die Klassen derselben Schulstufe an denselben Tagen hintereinander an der Reihe waren, um einen inhaltlichen Austausch zwischen den Schülerinnen und Schülern zu vermeiden.

6.1.3.2. *Interventionsphase*

In der sechswöchigen Interventionsphase führten die Interventionsklassen dreimal wöchentlich *Vital4Brain*-Einheiten mit deren Lehrerinnen oder Lehrern während des Mathematikunterrichts durch. Zu welchem Zeitpunkt der Unterrichtsstunde sie diese absolvierten, welche konkreten Übungen sie für die Einheiten wählten und für welche Präsentationsvarianten sie sich entschieden, wurde den Lehrkräften freigestellt. Die wöchentlichen Hospitationen zeigten, dass die Lehrpersonen sehr unterschiedlich vorgegangen sind. Einige starteten gleich zu Beginn der Stunde nach der Abwicklung organisatorischer Inhalte mit einer Einheit und wählten immer denselben Ablauf einer Unterrichtsstunde. Andere warteten den optimalen Zeitpunkt ab, an dem die Kinder begonnen etwas unruhig zu werden, um *Vital4Brain* situativ an das Unterrichtsgeschehen angepasst einzusetzen. Vor allem in den Stunden, welche am späteren Verlauf des

Schultages stattgefunden haben, wurden die Einheiten relativ am Anfang der Stunde angesetzt.

Von den insgesamt sechs Lehrer/innen der Interventionsklassen waren vier ausgebildete *Vital4Brain*-Trainer/innen, welche nicht nur an der Trainerausbildung teilgenommen hatten, sondern neben ihrer Schultätigkeiten auch *Vital4Brain*-Fortbildungen leiten. Diese haben Kenntnis über ein breites Spektrum an Übungen, leiteten die Einheiten selbst an und erklärten die Übungen vor der Klasse. Die zwei anderen Lehrkräfte waren verglichen zu ihren ausgebildeten Kolleginnen und Kollegen nicht so vertraut mit dem Programm und arbeiteten hauptsächlich mit den fertig zusammengestellten Einheiten über den Beamer, welche online auf der Homepage des Programmes abrufbar sind.

Die Kontrollklassen durften während diesen sechs Wochen keine Einheiten durchführen, um das Ergebnis nicht zu verfälschen.

6.1.4. Gütekriterien

Die Gütekriterien sind laut Moosburger & Kelava (2012) „ein Instrument der Qualitätsbeurteilung“ (Moosburger & Kelava, 2012, S. 8) wissenschaftlich fundierter Tests und die Prüfung dieser somit unverzichtbar.

Die Überprüfung der Testgütekriterien Objektivität, Zuverlässigkeit und Gültigkeit des Revisionstests wurde bereits von dem Entwicklerteam vorgenommen. Die Objektivität ist gewährleistet, da standardisierte Instruktionen, eine einheitliche Untersuchungstechnik sowie Auswertungsregeln vorgegeben sind. Besonders die Auswertungsobjektivität ist zu einem hohen Grad gegeben, was stichprobenartige Überprüfungen in den letzten 20 Jahren zeigten. Die Zuverlässigkeit des Tests konnte anhand einiger Analysen hinreichend überprüft und belegt werden. Zur Überprüfung der Validität wurden mehrere Arbeitshypothesen formuliert, welche ebenso verifiziert werden konnten (Marschner, 1972, S. 11 ff.).

6.1.5. Datenauswertung

Die Daten wurden mithilfe des Statistikprogramms SPSS ausgewertet. Zu den drei Hypothesen wurden passende Tests und Untersuchungsmethoden ausgewählt und angewendet. Das Signifikanzniveau wurde bei allen Hypothesentests mit 5% festgelegt.

H₁: Die regelmäßige Durchführung des Programms *Vital4Brain* während des sechswöchigen Forschungszeitraums führt zu verbesserten Ergebnissen bei Aufgaben, welche eine zwei- und dreidimensionale Vorstellungskraft fordern.

Für die Prüfung der Hypothese H₁ werden drei Untersuchungsmethoden herangezogen. H₁ wird mithilfe eines geeigneten Hypothesentests überprüft, außerdem wird ein Mittelwertvergleich der Geometrietestergebnisse der Interventions- und Kontrollklassen an beiden Testzeitpunkten durchgeführt sowie ein t-Test für abhängige Stichproben.

Die Auswahl eines geeigneten statistischen Hypothesentests wird mithilfe des „Entscheidungsbaumes für Unterschiedshypothesen“ von Gnamb (2004) getroffen (Abb. 15). Im ersten Schritt wird das Skalenniveau des zu untersuchenden Datensatzes bestimmt, in diesem Fall handelt es sich um eine Rangskala. Aufgrund des Vergleichs zwischen Kontroll- und Interventionsklassen werden zwei Gruppen differenziert. Es handelt sich um unabhängige Daten, da die Werte zweier verschiedener Gruppen miteinander verglichen werden. Demnach muss die Hypothese mithilfe des Mann-Whitney U-Tests überprüft werden.

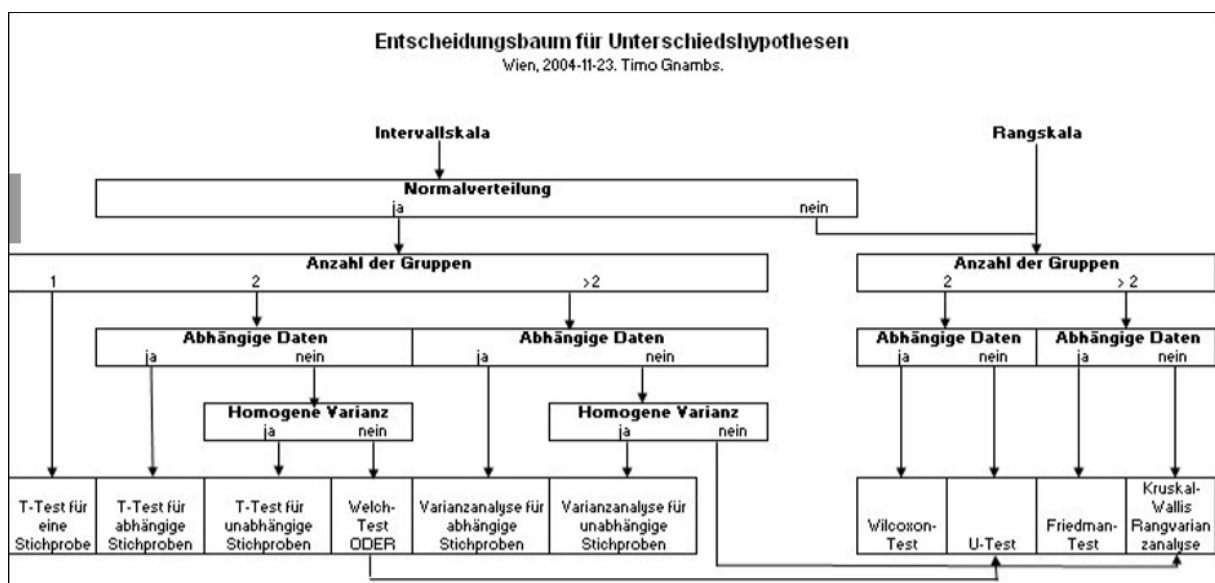


Abb. 15: Entscheidungsbaum für Unterschiedshypothesen (Gnamb, 2004)

Der Mann-Whitney U-Test hat keine Normalverteilung als Voraussetzung und kann ohne weitere Tests durchgeführt werden.

Als zweite Untersuchungsmethode wird ein Mittelwertvergleich der Geometrietestergebnisse angewendet. Um einen möglichen Unterschied der Mittelwerte statistisch sichtbar zu machen, wird der t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Die für die

Ergebnisdarstellung relevanten Werte werden vorab mithilfe des Levene-Tests evaluiert. Die Ergebnisse werden anschließend mithilfe von Grafiken dargestellt und interpretiert.

Bei dem t-Test für abhängige Stichproben werden die Kontroll- und Interventionsklassen getrennt voneinander betrachtet und als einzelne Gruppen angesehen. Dieser gibt Auskunft darüber, ob sich die Geometrietestergebnisse der Prä- und Posttests signifikant unterscheiden.

H₂: Die regelmäßige Durchführung von *Vital4Brain* Einheiten während des sechswöchigen Forschungszeitraums zeigt eine Verbesserung der Konzentrationsleistung bei geistiger mathematikspezifischer Tempoarbeit auf.

Für die Überprüfung der Hypothese H₂ werden zunächst die Statine-Werte des Revisionstests herangezogen. Die Auswahl und Vorgangsweise der Hypothesentests erfolgt gemäß der Hypothesentestung von H₁. Die Statine-Werte entsprechen einer neunstufigen Rangskala und werden durch mehrere aus dem Revisionstest resultierende Werte sowie Normtabellen gebildet. Es werden die unabhängigen Variablen zweier Untersuchungsgruppen untersucht, weswegen der Mann-Whitney U-Test geeignet ist.

Der Vergleich der Mittelwerte wird ebenso mithilfe des Levene-Tests und des t-Tests für unabhängige Stichproben ausgeführt und anhand von Tabellen und Diagrammen erläutert.

Der t-Test für abhängige Stichproben analysiert die Statine-Werte zu beiden Testzeitpunkten und stellt mögliche signifikante Unterschiede zwischen den Prä- und Posttestergebnissen bei den Interventions- und Kontrollklassen isoliert voneinander fest.

H₃: Die Anwendung des Programms *Vital4Brain* während des sechswöchigen Forschungszeitraums verzeichnet keine unterschiedlichen Resultate in den verschiedenen Schulstufen.

Für die Überprüfung dieser Hypothese wird eine ANOVA Analyse der Differenzwerte beider Testbereiche durchgeführt. Bei der Analyse des Geometrietests werden die Mittelwerte der erreichten Punktezahlen verwendet und die der Prätestung von den Ergebnissen der Posttestung abgezogen. Für die Analyse des Revisionstests wird mit den Statine-Werten von beiden Testzeitpunkten gearbeitet und die Differenz errechnet. Im ersten Schritt wird eine einfaktorielle ANOVA angewendet, um herauszufinden, ob ein Unterschied zwischen den einzelnen Schulstufen besteht. Anschließend folgt eine Post-Hoc Analyse für die exakte Ermittlung des Unterschieds.

H₄: Die Anwendung des Programms *Vital4Brain* während des sechswöchigen Forschungszeitraums verzeichnet in jeder Schulstufe verbesserte Ergebnisse in den Interventionsklassen, im Gegensatz zu den jeweiligen Kontrollklassen.

Die Prüfung der Hypothese H₄ erfolgt mittels t-Test für abhängige Stichproben. Die drei verschiedenen Schulstufen werden getrennt voneinander betrachtet und überprüft, ob die Schülerinnen und Schüler der Interventionsklassen innerhalb einer Schulstufe signifikant bessere Ergebnisse aufweisen im Gegensatz zu den Schülerinnen und Schülern der jeweiligen Kontrollklassen.

6.2. Ergebnisse

H₁: Die regelmäßige Durchführung des Programms *Vital4Brain* während des sechswöchigen Forschungszeitraums führt zu verbesserten Ergebnissen bei Aufgaben, welche eine zwei- und dreidimensionale Vorstellungskraft fordern.

Für die Überprüfung dieser Hypothese wurde der Mann-Whitney U-Test angewendet, um Unterschiede zwischen den Interventionsklassen und den Kontrollklassen bei dem Prä- und Posttest erkennbar zu machen. Dieser liefert folgende Ergebnisse (Tab. 1).

Tab. 1: Mann-Whitney U-Test zur Überprüfung eines Unterschieds zwischen den Gruppen beim Geometrietest

	Geometrietest (prä)	Geometrietest (post)
Mann-Whitney-U	2964,500	2398,500
Z	-1,771	-3,543
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,076	,000

Die asymptotische Signifikanz liegt beim Prätest knapp über dem Wert 0,05 ($0,076 > 0,05$). Folglich ist hier kein erheblicher Unterschied zwischen den beiden Gruppen erkennbar und die Ergebnisse des ersten Tests sind bei den Kontroll- und Interventionsklassen als gleich anzusehen. Bei dem Posttest nach der Interventionsphase liegt die asymptotische Signifikanz unter dem Wert 0,05 ($0,000 < 0,05$), was einen signifikanten Unterschied zwischen den Interventionsklassen und den Kontrollklassen bedeutet. Die Effektstärke des Unterschieds ist mithilfe der Formel $r = \left| \frac{z}{\sqrt{n}} \right| = \left| \frac{-3,543}{\sqrt{176}} \right| = 0,267$ zu berechnen. Da $0,1 \leq 0,267 < 0,3$ besteht eine mittlere Effektstärke bei einem Signifikanzniveau von 0,05. Die beiden Gruppen unterscheiden sich also bei der Prätestung nicht und liefern ähnliche Ergebnisse. Bei der Posttestung sind nach dem Mann-Whitney U-Test Unterschiede zwischen den beiden Gruppen erkennbar.

Ein ähnliches Resultat zeigt die zweite Untersuchungsmethode, bei welcher die Mittelwerte der Geometrietestergebnisse analysiert und verglichen werden. Der Levene-Test, welcher in Tab. 2 dargestellt wird, bestimmt, mit welchen Werten folgend gearbeitet wird. Da die Signifikanz beim Levene-Test zu beiden Testzeitpunkten über dem Wert 0,05 liegt, sind die Varianzen als gleich anzunehmen. Der t-Test für unabhängige Stichproben liefert bei dem Prätest eine Signifikanz von $p > 0,05$ ($p = 0,118$, $T_{174} = 1,571$), wodurch die Nullhypothese angenommen wird (Tab. 2). Somit zeigt auch diese Untersuchung, dass bei der ersten Testung kein Unterschied zwischen den Kontroll- und Interventionsklassen erkennbar ist. Bei

dem Posttest liegt der Signifikanzwert unter 0,05 ($p < 0.001$, $T_{174} = 4.087$), wodurch die Nullhypothese verworfen und ein Unterschied angenommen werden kann.

Tab. 2: Mittelwertvergleichstest zur Überprüfung eines Unterschieds zwischen den Gruppen beim Geometrietest

		Levene- Test der Varianzgleichheit		t-Test für die Mittelwertgleichheit		
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)
Geometrietest (prä)	Varianzen sind gleich	1,532	,217	1,571	174	,118
	Varianzen sind nicht gleich			1,612	134,933	,109
Geometrietest (post)	Varianzen sind gleich	,640	,425	4,087	174	,000
	Varianzen sind nicht gleich			4,186	134,258	,000

Um die Bedeutung dieses Unterschieds erkennbar zu machen, werden die Mittelwerte der Ergebnisse des Geometrietests ausgerechnet und miteinander verglichen. Wie in Tab. 3 dargestellt, weisen die Interventions- und Kontrollklassen beim Prätest ähnliche Mittelwerte auf. Die Schülerinnen und Schüler der Interventionsklassen erreichen bei dem Test vor der Interventionsphase einen durchschnittlichen Punktescore von 5,65 Punkten, die Kontrollklassen erreichen einen Mittelwert von 4,36 Punkten. Dieser Punkteunterschied entspricht laut dem t-Test keinem signifikanten Unterschied (Tab. 2). Bei der Posttestung sind deutliche Unterschiede zwischen den Interventions- und Kontrollklassen erkennbar. Während sich die Interventionsklassen um rund 2,80 Punkte verbessern, verzeichnen die Kontrollklassen einen um nur 0,56 Punkte höheren Mittelwert. Der in der obigen Testung errechnete signifikante Unterschied bezieht sich auf die besseren Testergebnisse der Interventionsklassen verglichen zu den Kontrollklassen bei der Posttestung.

Tab. 3: Mittelwerte der Geometrietests der Interventions- und Kontrollklassen zu beiden Testzeitpunkten

	Interventions- oder Kontrollklassen	Mittelwert	Std.-Abweichung
Geometrietest (prä)	Interventionsklassen	5,6469	5,36199
	Kontrollklassen	4,3552	4,91766
Geometrietest (post)	Interventionsklassen	8,4447	5,62083
	Kontrollklassen	4,9153	5,18608

Ein detaillierteres Ergebnis zeigt die Darstellung der Mittelwerte der Prä- und Posttestungen jeder einzelnen Klasse in Abb. 16. Die blauen Balken stellen die Mittelwerte der Prätestung

dar, die roten Balken die Mittelwerte der Posttestung. Bei den Klassen 1a, 1b, 3d, 3g, 7b und 7e handelt es sich um Interventionsklassen, die restlichen Klassen 1c, 3f und 7a wurden als Kontrollklassen ausgewählt. Bei der Posttestung erreichen alle Interventionsklassen, außer der 1b-Klasse, bei dem Geometrietest eine durchschnittlich höhere Punkteanzahl als bei der Prätestung vor der *Vital4Brain*-Intervention. Die erreichte Punkteanzahl der Kontrollklassen 1c und 3f blieb bei beiden Testungen annähernd gleich. Die 7a-Klasse wies als einzige Kontrollklasse bei dem zweiten Test bessere Werte auf als beim ersten Test. Insgesamt erreichten die Interventionsklassen bei der Posttestung bessere Mittelwerte, sowohl verglichen zu der Prätestung, als auch verglichen mit der Kontrollklasse, was eine deutliche Steigerung der Geometrietestergebnisse bestätigt.

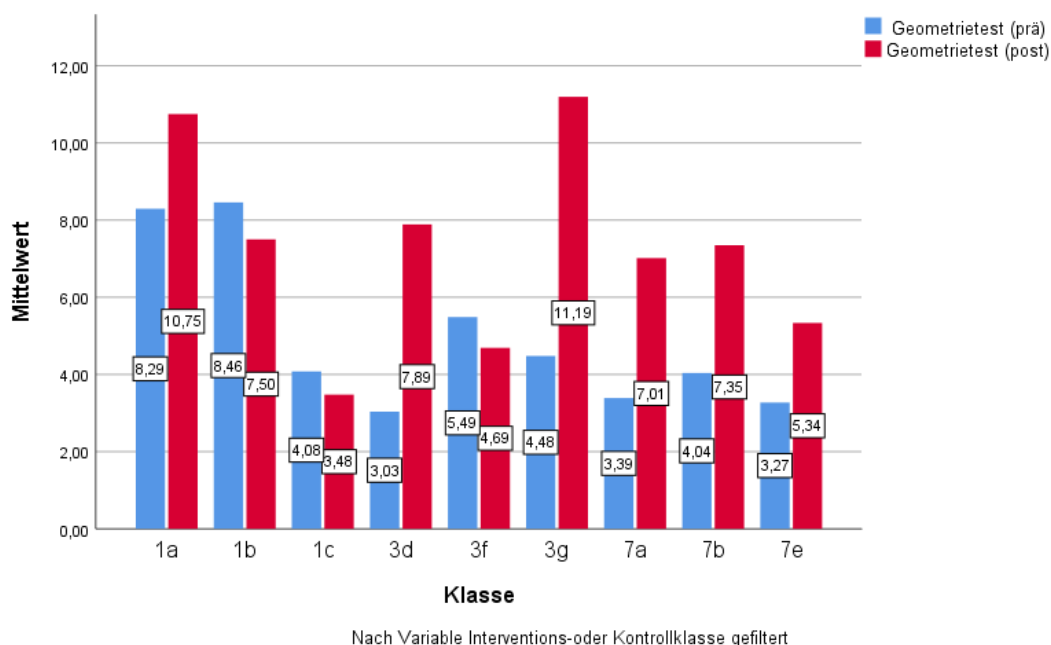


Abb. 16: Mittelwerte der erreichten Punkteanzahlen der Geometrietests (Prä- und Posttest)

Bei den obigen Tests wurden die Differenzen der Interventions- und Kontrollklassen, also die Veränderungen von der Prätestung auf die Posttestung, analysiert und verglichen. Folgend werden diese beiden Gruppen getrennt voneinander behandelt und mittels t-Tests für abhängige Stichproben überprüft, ob signifikante Unterschiede zu beiden Testzeitpunkten bestehen.

Bei dem t-Test für abhängige Stichproben werden die Mittelwerte derselben Personengruppe zu zwei verschiedenen Zeitpunkten verglichen. Bei den Mittelwerten der Interventionsklassen lässt sich bereits in Tab. 4 eine deutliche Differenz ablesen.

Tab. 4: Mittelwerte des Geometrietests beim t-Test für abhängige Stichproben der Interventionsklassen

	Mittelwert	N	Std.-Abweichung
Geometrietest (prä)	5,6469	114	5,36199
Geometrietest (post)	8,4447	114	5,62083

Die statistische Bestätigung liefert das Ergebnis aus Tab. 5. Für die durchschnittlich erreichte Punktezahl beim Geometrietest ergibt sich zwischen der Prä- und der Posttestung eine Differenz von rund 2,80 Punkten. Dass es sich bei dieser Punktedifferenz um einen signifikanten Unterschied handelt, zeigt der Signifikanzwert von $p=0,000$. Da $p<0,05$ kann ein signifikanter Unterschied zwischen dem Prä- und Posttest der Interventionsklassen bestätigt werden.

Tab. 5: T-Test bei abhängigen Stichproben der Geometriepunkteergebnisse der Interventionsklassen

	Differenz der Mittelwerte	T	df	Sig. (2-seitig)
Geometrietest (prä) - Geometrietest (post)	-2,79781	-4,795	113	,000

Die Mittelwerte der Geometriestestergebnisse der Interventionsklassen unterscheiden sich zu beiden Testzeitpunkten positiv signifikant voneinander ($p<0.001$, $T_{113}=-4.795$).

Der t-Test für abhängige Stichproben wird nun auch auf die Kontrollklassen angewendet. Die Mittelwerte von Tab. 6 weichen kaum voneinander ab.

Tab. 6: Mittelwerte des Geometrietest beim t-Test für abhängige Stichproben der Kontrollklassen

	Mittelwert	N	Std.-Abweichung
Geometrietest (prä)	4,3552	62	4,91766
Geometrietest (post)	4,9153	62	5,18608

Dies bestätigen auch die Werte aus Tab. 7. Die Differenz der Mittelwerte ergeben einen Punkteunterschied von weniger als einem Punkt, was für einen Signifikanzwert von $p=0,551$ keinen signifikanten Unterschied bedeutet. Da $p>0.05$, kann die Nullhypothese angenommen werden und kein signifikanter Unterschied zwischen den Geometriestestergebnissen der Kontrollklassen zu beiden Testzeitpunkten festgestellt werden ($p=0.551$, $T_{61}=-0.600$).

Tab. 7: T-Test bei abhängigen Stichproben der Geometripunkteergebnisse der Kontrollklassen

	Differenz der Mittelwerte	T	df	Sig. (2-seitig)
Geometrietest (prä) - Geometrietest (post)	-,56016	-,600	61	,551

Es wurde gezeigt, dass ein positiv signifikanter Unterschied zwischen den beiden Geometrietestergebnissen der Interventionsklassen besteht. Die Kontrollklassen verzeichnen verglichen dazu keinen signifikanten Unterschied ihrer Testergebnisse zu beiden Testzeitpunkten. Außerdem konnte festgestellt werden, dass die Ergebnisse der Interventions- und Kontrollklassen verglichen zueinander bei der Prätestung keine signifikanten Unterschiede aufweisen, bei der Posttestung jedoch ein signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen der Interventions- und Kontrollklasse vorzufinden ist, was durch eine durchschnittlich höhere und vermehrt gesteigerte Geometripunkteanzahl der Interventionsklasse zu erklären ist.

Die drei Hypothesentests liefern ein eindeutiges Ergebnis und bestätigen die Hypothese, dass die regelmäßige Durchführung des Programms *Vital4Brain* während des sechswöchigen Forschungszeitraums zu verbesserten Ergebnissen bei Aufgaben, welche eine zwei- und dreidimensionale Vorstellungskraft fordern, führt.

H₂: Die regelmäßige Durchführung von *Vital4Brain*-Einheiten während des sechswöchigen Forschungszeitraums zeigt eine Verbesserung der Konzentrationsleistung bei geistiger mathematikspezifischer Tempoarbeit auf.

Für die Überprüfung dieser Hypothese wurde der Mann-Whitney U-Test durchgeführt. Dieser liefert Ergebnisse zu den Unterschieden der Statine-Werte der Revisionstests beider Gruppen. Diese werden mithilfe von Tab. 8 und Tab. 9 dargestellt.

Tab. 8: : Mann-Whitney U-Test zur Überprüfung eines Unterschieds zwischen den Gruppen beim Revisionstest

	Geometrietest (prä)	Geometrietest (post)
Mann-Whitney-U	2481,500	2588,500
Z	-2,472	-1,921
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,013	,055

Bei der Prätestung liegt die asymptotische Signifikanz unter dem Wert 0,05 ($0,013 < 0,05$), was auf einen Unterschied zwischen den beiden Gruppen bei der ersten Testung verweist. Betrachtet man die mittleren Ränge der ersten Testung in Tab. 9, weisen die Interventionsklassen niedrigere Werte auf (78,36) als die Kontrollklassen (97,72). Bei der

Posttestung liegt die asymptotische Signifikanz über dem Wert 0,05 ($0,055 > 0,05$), was keinen signifikanten Unterschied zwischen den Interventionsklassen und den Kontrollklassen bedeutet. Dies ist ebenso in Tab. 9 unter den mittleren Rängen ersichtlich. Die Berechnungen des Mann-Whitney U-Tests als Rangsummentest basieren auf dem Vergleich der Rangreihen beider Gruppen. Die mittleren Ränge stellen den Mittelwert der erreichten Ränge dar. Je höher der Rang, desto bessere Statine-Werte wurden erreicht. Die Differenz bei der Posttestung ist etwas geringer als die Differenz der mittleren Ränge bei der Prätestung. Vergleicht man nun die mittleren Ränge der Interventions- und Kontrollklassen zu beiden Testzeitpunkten, so ist eine Verbesserung der Interventionsklassen von der Prä- auf die Posttestung erkennbar. Der mittlere Rang konnte bei der Interventionsklasse um 10,61 Ränge erhöht werden, während bei der Kontrollklasse keine Steigerung vorzufinden ist.

Tab. 9: Ränge der Statine-Werte des Revisionstests

	Interventions-oder Kontrollklasse	Mittlerer Rang
Statine-Werte des Rev. T (prä)	Interventionsklasse	78,36
	Kontrollklasse	97,72
	Gesamt	
Statine-Werte des Rev. T (post)	Interventionsklasse	88,97
	Kontrollklasse	74,41
	Gesamt	

Die Ergebnisse des Levene-Tests und des t-Tests für unabhängige Stichproben werden in Tab. 10 dargestellt. Durch die Mittelwertvergleichstests erhält man Informationen, mithilfe derer die resultierenden Unterschiede interpretiert werden können. Bei der Prätestung und der Posttestung liegt die Signifikanz über dem Wert 0,05 und die Varianzen sind in beiden Fällen als gleich anzunehmen. Sowohl beim Prätest ($p=0.018$, $T_{167}=-2.380$), als auch beim Posttest ($p=0.046$, $T_{165}=2.012$) liegt der Signifikanzwert unter 0.05, wodurch die Nullhypothese verworfen und ein Unterschied zwischen Kontroll- und Interventionsklassen angenommen werden kann.

Tab. 10: Mittelwertvergleichstest zur Überprüfung eines Unterschieds zwischen den Gruppen beim Revisionstest

		Levene- Test der Varianzgleichheit		t-Test für die Mittelwertgleichheit		
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)
Geometrietest (prä)	Varianzen sind gleich	,014	,907	-2,380	167	,018
	Varianzen			-2,377	115,401	,019

	sind nicht gleich					
Geometrietest (post)	Varianzen sind gleich	3,589	,060	2,012	165	,046
	Varianzen sind nicht gleich			1,921	100,104	,058

Was diese Resultate genau bedeuten, zeigt der Mittelwertvergleich in Tab. 11. Die Interventionsklassen erreichen bei der Prätestung durchschnittlich 5,75 Punkte, während die Kontrollklassen bei derselben Testung mit einem höheren durchschnittlichen Punkteergebnis (6,53 Punkte) abschneiden. Dieser Punkteunterschied hat sich bereits beim t-Test gezeigt. Der Posttest weist ebenso unterschiedliche Mittelwerte bei beiden Gruppen auf. Betrachtet man die durchschnittlich erreichte Punkteanzahl der Interventionsklassen, kann eine Verbesserung um 1,2 Punkte festgestellt werden. Das Testergebnis der Kontrollklassen zeigt keine verbesserten Werte auf.

Tab. 11: Mittelwerte der Statine-Werte der Interventions- und Kontrollklassen zu beiden Testzeitpunkten

	Interventions- oder Kontrollklassen	Mittelwert	Std.-Abweichung
Geometrietest (prä)	Interventionsklassen	5,75	2,038
	Kontrollklassen	6,53	2,045
Geometrietest (post)	Interventionsklassen	6,95	2,248
	Kontrollklassen	6,18	2,599

Um festzustellen, ob es sich bei der Verbesserung der Interventionsklassen um einen signifikanten Unterschied handelt und zu bestätigen, dass die Ergebnisse der Kontrollklassen keinen signifikanten Unterschied aufweisen, wird ein t-Test für abhängige Stichproben durchgeführt, bei welchem die Interventionsklassen und Kontrollklassen getrennt voneinander behandelt werden.

Betrachtet man die Mittelwerte der Statine-Werte der Schülerinnen und Schüler der Interventionsklassen in Tab. 11, so zeigt sich ein deutlicher Punkteunterschied zwischen dem Prätest und dem Posttest. Der t-Test in Tab. 12 bestätigt die Annahme, dass es sich dabei um einen signifikanten Unterschied handelt. Aufgrund des Signifikanzwerts von $p=0,000$ ($<0,05$) und der Erhöhung des Mittelwerts, kann eine signifikant verbesserte Leistung der Interventionsklassen bezüglich der Statine-Werte des Revisionstests nachgewiesen werden ($p<0.001$, $T_{109}=-5.661$).

Tab. 12: T-Test bei abhängigen Stichproben der Statine-Werte der Interventionsklassen

	Differenz der Mittelwerte	T	df	Sig. (2-seitig)
Geometrietest (prä) - Geometrietest (post)	-1,236	-5,661	109	,000

Die Kontrollklassen weisen laut Tab. 11 zu beiden Testzeitpunkten ähnliche Werte auf. Dass es sich hierbei auch statistisch gesehen um keinen signifikanten Unterschied handelt, zeigen die Ergebnisse des t-Tests für abhängige Stichproben in Tab. 13. Der Signifikanzwert liegt mit $p=0,319$ über dem Wert 0.05, weswegen die Nullhypothese angenommen wird und kein signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen der Prä- und der Posttestung der Kontrollklassen bestätigt wurde. Demnach haben sich die Statine-Werte der Schülerinnen und Schüler der Kontrollklassen bei der Posttestung, verglichen zu der Prätestung, nicht signifikant verändert ($p=0.319$, $T_{55}=1.005$).

Tab. 13: T-Test bei abhängigen Stichproben der Statine-Werte der Kontrollklassen

	Differenz der Mittelwerte	T	df	Sig. (2-seitig)
Geometrietest (prä) - Geometrietest (post)	0,375	1,005	55	,319

Aufgrund des durchschnittlich höheren und signifikant verbesserten Punkteergebnisses der Interventionsklassen beim Posttest verglichen zum Prätest und der Tatsache, dass die Kontrollklassen keine signifikante Verbesserungen aufweisen konnten, kann die Hypothese, dass die regelmäßige Durchführung von *Vital4Brain*-Einheiten während des sechswöchigen Forschungszeitraums eine Verbesserung der Konzentrationsleistung bei geistiger mathematikspezifischer Tempoarbeit aufzeigt, bestätigt werden.

Eine detaillierte Übersicht gibt die Darstellung der Statine-Werte der einzelnen Klassen in Abb. 17.

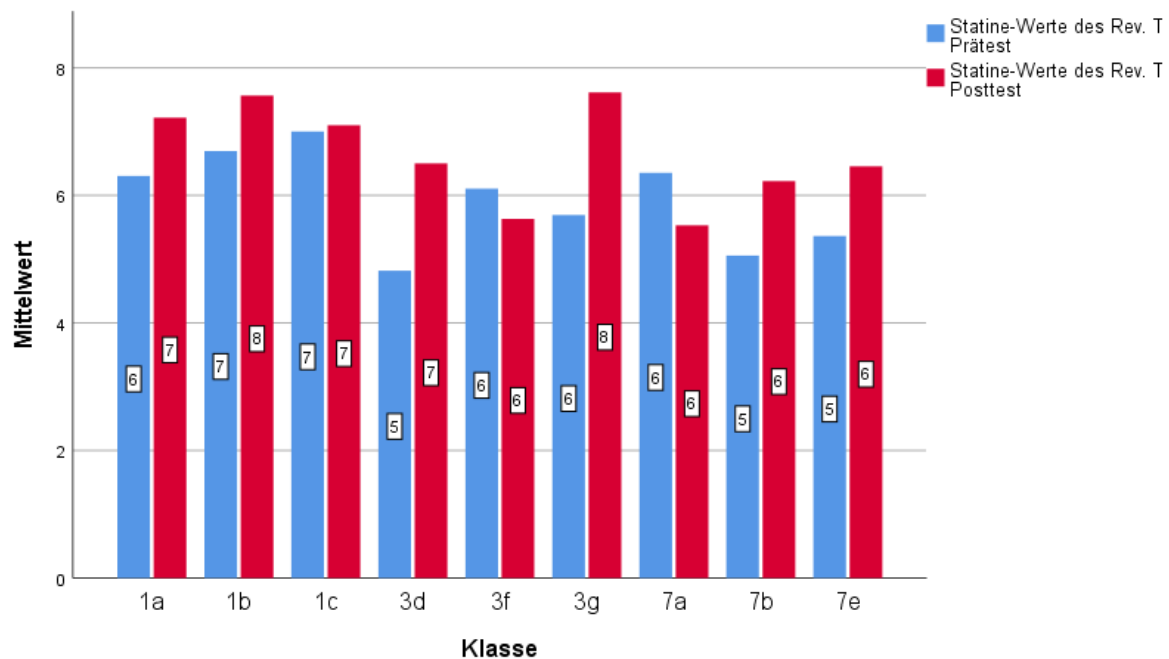


Abb. 17: Mittelwerte der Statine-Werte beider Gruppen im Vergleich (Prä- und Posttest)

Die durchschnittlich erreichte Punkteanzahl aller sechs Interventionsklassen 1a, 1b, 3d, 3g, 7b und 7e liegt bei dem Posttest über der Punkteanzahl des Prätests. Betrachtet man das Balkendiagramm, überschreitet jeder rote Balken, welcher den Wert des Posttests repräsentiert, den entsprechenden blauen Balken des Prätests. Bei den Kontrollklassen 1c, 3f und 7a sind die Werte bei dem Posttest entweder ähnlich oder schlechter als bei dem Prätest.

Die nachstehende Abb. 18 stellt alle relevanten Werte dar, welche durch den Revisionstest erhoben werden konnten. Die Balken des Diagramms repräsentieren die durchschnittliche Differenz der Mittelwerte des Prä- und Posttests beider Gruppen. Da keine Minuswerte aufscheinen, handelt es sich ausschließlich um verbesserte beziehungsweise erhöhte Werte.

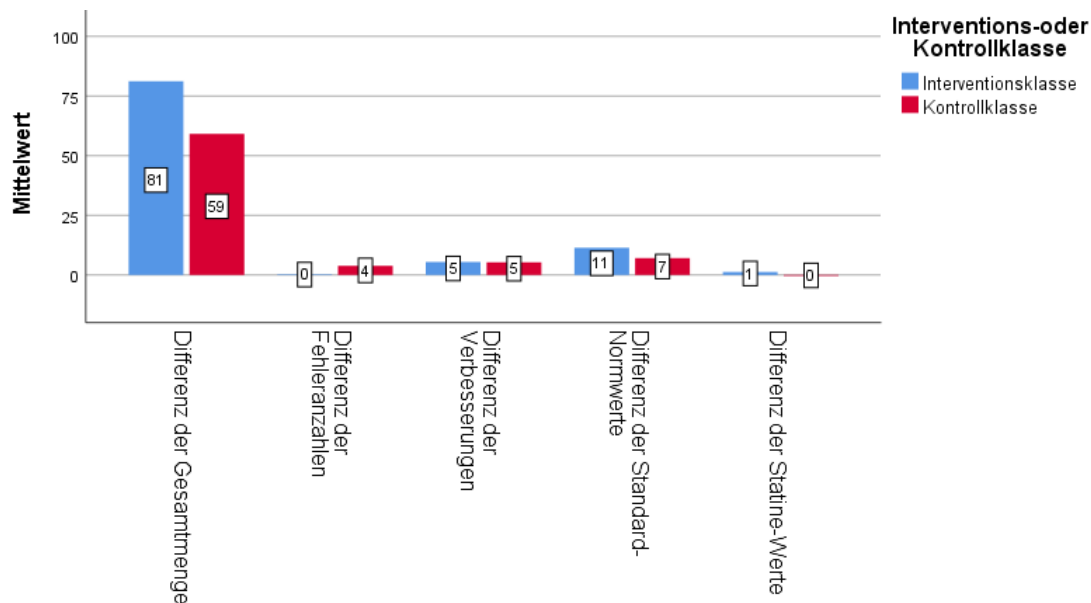


Abb. 18: Differenzen der Werte des Revisionstests beider Gruppen

Der Revisionstest liefert insgesamt fünf für diese Arbeit relevante Werte, wobei sich die Gesamtmenge, die Fehleranzahl und die Anzahl an getätigten Verbesserungen direkt aus dem Testbogen entnehmen lassen. Die Standard-Normwerte und die Statine-Werte ergeben sich aus Normentabellen und sind von der Gesamtmenge und der Fehleranzahl abhängig. Die Gesamtmenge resultiert aus der Anzahl aller bearbeiteten Rechnungen, unabhängig davon, ob diese richtig, falsch oder verbessert wurden. Die Schülerinnen und Schüler der Interventionsklassen erreichten bei der Prätestung eine Gesamtmenge von 279,79 Punkten und konnten die Anzahl der zu bearbeitenden Rechnungen bei der Posttestung um 81 Punkte steigern. Die Kontrollklassen konnten verglichen dazu ihre Gesamtmenge um nur 59 Punkte erhöhen.

Die Fehleranzahl hat sich bei den Interventionsklassen trotz einer erhöhten Gesamtmenge nicht verändert. Sowohl bei der Prätestung als auch bei der Posttestung blieb diese mit durchschnittlich 2 Fehlern konstant. Betrachtet man die Fehlerwerte der Kontrollklassen, wird eine höhere Fehlerzahl bei der zweiten Testung ersichtlich. Die Gesamtmenge konnte verglichen zu dem ersten Test gesteigert werden, was jedoch eine höhere Fehlerquote mit sich brachte.

Die Schülerinnen und Schüler haben die Möglichkeit ihre Lösungen zu korrigieren, diese Verbesserungen werden bei der Auswertung vermerkt. Beide Gruppen weisen bei der zweiten Testung durchschnittlich fünf Verbesserungen mehr auf als bei der ersten Testung, wo die Interventionsklassen siebenmal und die Kontrollklassen achtmal Korrekturen durchführten.

Bei den Standard-Normwerten konnten sich die Interventionsklassen um 11 Punkte steigern, die Kontrollklassen im Vergleich dazu um 7 Punkte. Diese Normwerte werden anhand der

Gesamtmenge und des Alters der Schülerinnen und Schüler entsprechend einer Tabelle entnommen.

Die Statine-Werte setzen sich aus den Standard-Normwerten und der Fehleranzahl zusammen und können demnach als Endwerte des Revisionstests gesehen werden. Die Statine-Werte basieren auf einer Skala von eins bis neun und wurden bereits mithilfe zweier Hypothesentests untersucht. In Abb. 18 werden die bestehenden Ergebnisse bestätigt und verdeutlicht dargestellt. Während die Interventionsklassen den Statine-Wert um einen Wert verbessern konnten, konnten die Kontrollklassen keine Verbesserungen aufweisen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Interventionsklassen mehr Rechnungen mit einer geringeren Fehlerquote durchführen konnten, als die Klassen, welche während des Forschungszeitraumes keine *Vital4Brain*-Interventionen absolvierten. Die Kontrollklassen konnten ihre Gesamtmenge um 22 Punkte weniger steigern als die Interventionsklassen und weisen zusätzlich mehr Fehler auf als die Klassen, welche das Bewegungsprogramm durchführten. Beide Gruppen zeigen eine gleiche Erhöhung der Verbesserungsrate, bei den Standardwerten und den Statine-Werten wird eine deutliche Verbesserung zugunsten der Interventionsklassen ersichtlich.

Betrachtet man nun den Mann-Whitney U-Test, die Mittelwertvergleiche und den t-Test für abhängige Stichproben, resultiert ein eindeutiges Ergebnis. Die zweite Hypothese, dass die regelmäßige Durchführung von *Vital4Brain*-Einheiten während des sechswöchigen Forschungszeitraums eine Verbesserung der Konzentrationsleistung bei geistiger mathematikspezifischer Tempoarbeit aufzeigt, kann bestätigt werden.

H₃: Die Anwendung des Programms *Vital4Brain* während des sechswöchigen Forschungszeitraums verzeichnet keine unterschiedlichen Resultate in den verschiedenen Schulstufen.

Mithilfe der ANOVA Analyse wird untersucht, ob Unterschiede bei den drei untersuchten Schulstufen erkennbar sind. Um diese im ersten Teilbereich der Testung festzustellen, wird die Differenz der durchschnittlich erreichten Punktezahl des Geometrietests zwischen dem Prätest und dem Posttest errechnet. Diese Differenz stellt die durchschnittliche Verbesserung oder Verschlechterung der Schülerleistungen in den einzelnen Klassen beziehungsweise Schulstufen dar. Da die Hypothese H₃ darauf abzielt, ob die sechswöchige Durchführung des Programms *Vital4Brain* unterschiedliche Auswirkungen auf die Testergebnisse der verschiedenen Schulstufen hat, werden ausschließlich die Interventionsklassen behandelt.

Die einfaktorielle ANOVA ergibt signifikante Unterschiede bezüglich der Differenz der Geometriepunkteanzahl zwischen den verschiedenen Schulstufen ($F_{2,111} = 6.6$, $p = 0.002$). Die Tab. 14 zeigt, dass die Tests von Schülerinnen und Schülern verschiedener Schulstufen signifikant unterschiedliche Differenzen aufweisen und sich demnach in einem unterschiedlichen Ausmaß verbessert oder verschlechtert haben.

Tab. 14: Einfaktorielle ANOVA zur Ermittlung eines Unterschieds bei dem Geometrietest

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	465,183	2	232,591	6,586	,002
Innerhalb der Gruppen	3919,834	111	35,314		
Gesamt	4385,017	113			

Mittels einer Post-Hoc Analyse wird nachgewiesen, zwischen welchen Schulstufen der Unterschied besteht. Der Tukey-HSD Test ergibt signifikante Unterschiede zwischen der 5. und der 7. Schulstufe (Tab. 15). Die Schülerinnen und Schüler der Interventionsklassen der 7. Schulstufe haben sich beim Posttest um durchschnittlich rund 5 Punkte mehr verbessert, als die der 5. Schulstufe. Zwischen den anderen Schulstufen ist kein signifikanter Unterschied erkennbar ($p > 0.05$).

Tab. 15: Tukey-HSD Test zur Ermittlung der Unterschiede beim Geometrietest zwischen den Schulstufen

Schulstufe (I)	Schulstufe (J)	Mittlere Differenz (I-J)	Std.-Fehler	Signifikanz
5. Schulstufe	7. Schulstufe	-4,79286*	1,32086	,001
	11. Schulstufe	-2,11935	1,36926	,273
7. Schulstufe	5. Schulstufe	4,79286*	1,32086	,001
	11. Schulstufe	2,67350	1,46565	,166
11. Schulstufe	5. Schulstufe	2,11935	1,36926	,273
	7. Schulstufe	-2,67350	1,46565	,166

*Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0.05 signifikant

Die Differenzen zwischen dem Prä- und Posttest werden in Abb. 19 dargestellt. Sie zeigt, um wie viele Punkte sich die Ergebnisse der Interventionsklassen der drei Schulstufen bei dem Geometrietest von der Prätestung auf die Posttestung verändert haben. Die Schülerinnen und Schüler der 5. Schulstufe konnten ihr Testergebnis um 0,8 Punkte erhöhen, die Klassen der 7. Schulstufen erreichten eine um 5,5 Punkte bessere Punkteanzahl und die Klassen der 11. Schulstufe konnten ihren Ergebnismittelwert um 2,9 Punkte steigern. Demnach liegt die Differenz zwischen der 5. und der 7. Schulstufe wie bereits erwähnt bei 5 Punkten, die Differenz der 7. und 11. Schulstufe bei rund 3 Punkten und die 5. und 11. Schulstufe weisen eine Differenz von rund zwei Punkten auf.

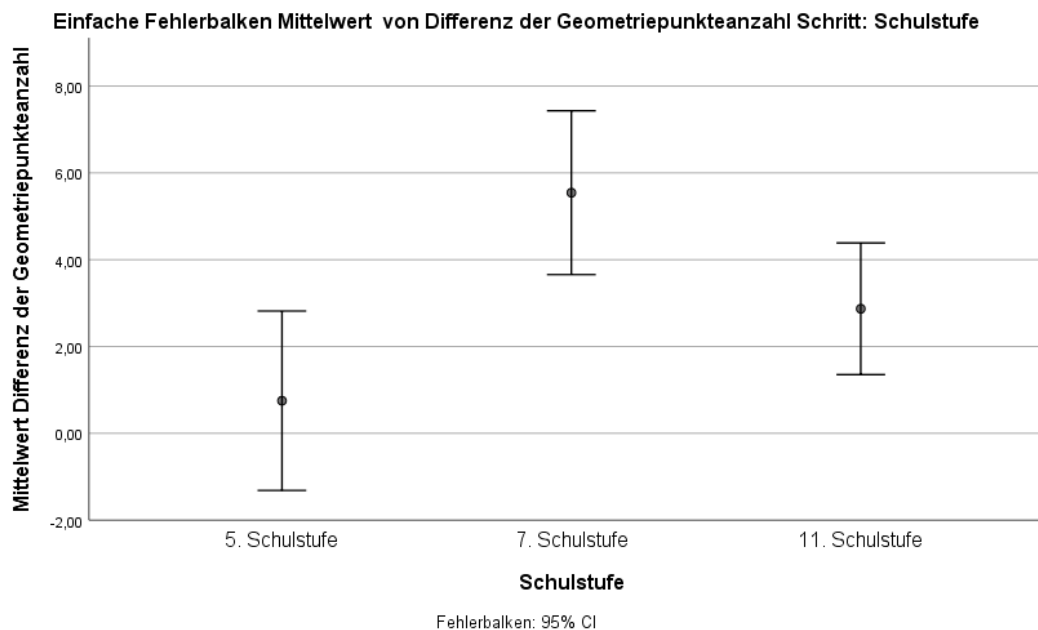


Abb. 19: Durchschnittliche Differenzen von der Prä- und Posttestung beim Geometrietest

Um Unterschiede in der Verbesserung der Konzentrationsleistung bei geistiger mathematikspezifischer Tempoarbeit zu ermitteln, welche im zweiten Teilbereich der Testungen mithilfe des Revisionstests untersucht werden, wird eine einfaktorielle ANOVA mit den Statine-Werten der Interventionsklassen durchgeführt (Tab. 16). Für die Durchführung dieser Analyse werden die durchschnittlich erreichten Statine-Werte zu beiden Testzeitpunkten ermittelt und die Differenz von der Prä- auf die Posttestung errechnet.

Die ANOVA Analyse der Differenzen der Statine-Werte, dargestellt in Tab. 16, ergibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei getesteten Schulstufen ($F_{2,107}=1.5$, $p=0.224$). Die Testergebnisse aller Schülerinnen und Schüler weisen ähnliche Differenzwerte auf.

Tab. 16: Einfaktorielle ANOVA zur Ermittlung eines Unterschieds bei dem Revisionstest

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	15,778	2	7,889	1,518	,224
Innerhalb der Gruppen	556,076	107	5,197		
Gesamt	571,855	109			

Dieses Ergebnis der durchschnittlich veränderten Statine-Werte der einzelnen Schulstufen zeigt Abb. 20. Die Interventionsklassen der 5. Schulstufe konnten ihren Statine-Wert um 0,89 Werteinheiten verbessern, die der 7. Schulstufe um 1,77 und die Schülerinnen und Schüler der Interventionsklassen der 11. Schulstufe weisen einen um 1,14 höheren Statine-Wert auf. Dies ergibt eine Differenz von gerundet 0,9 Werteinheiten zwischen der 5. und der 7. Schulstufe, eine Differenz von rund 0,3 Werteinheiten zwischen der 5. und der 11. Schulstufe

und eine Differenz von rund 0,6 Werteinheiten zwischen der 7. und der 11. Schulstufe. Die Differenzen liegen bei allen drei Schulstufen bei weniger als einem Statine-Wert und sind demnach nicht als signifikant unterschiedlich zu bewerten.

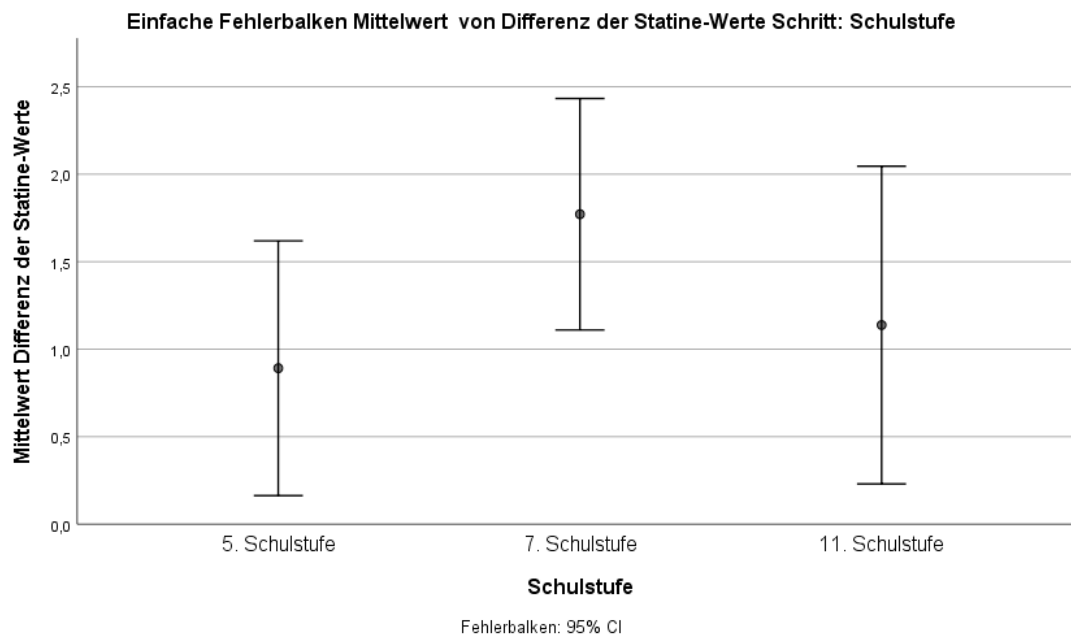


Abb. 20: Durchschnittliche Differenzen der Statine-Werte zwischen der Prä- und Posttestung

Die Analyse des zweiten Teilbereichs der Testung, welche die Konzentrationsfähigkeit bei geistiger mathematikspezifischer Tempoarbeit überprüfen soll, bestätigt die Annahme, dass keine Unterschiede bezüglich der Verbesserung des Statine-Wertes beim Revisionstests zwischen der 5. Schulstufe, der 7. Schulstufe und der 11. Schulstufe vorherrschen.

Insgesamt kann die Hypothese, dass die Anwendung des Programms *Vital4Brain* während des sechswöchigen Forschungszeitraums keine unterschiedlichen Resultate in den verschiedenen Schulstufen verzeichnet, überwiegend bestätigt werden. Bei dem Geometrietest konnten Unterschiede zwischen der 5. und der 7. Schulstufe festgestellt werden. Zwischen den anderen Schulstufen ist kein Unterschied in diesem Testbereich erkennbar. Bei dem Revisionstest wiesen alle Schulstufen ähnliche Verbesserungswerte auf, was bedeutet, dass kein Unterschied anzunehmen ist.

H₄: Die Anwendung des Programms *Vital4Brain* während des sechswöchigen Forschungszeitraums verzeichnet in jeder Schulstufe verbesserte Ergebnisse der Interventionsklassen, im Gegensatz zu den jeweiligen Kontrollklassen.

Bei den obigen Tests wurde mit den Ergebnissen der Schülerinnen und Schüler aller Interventions- und Kontrollklassen gearbeitet und nicht schulstufenspezifisch unterschieden. Nun werden die drei verschiedenen Schulstufen getrennt voneinander behandelt und die jeweiligen Veränderungen der Interventions- und Kontrollklassen zu beiden Testzeitpunkten in jeder Schulstufe ermittelt. Hierfür wird der t-Test für abhängige Stichproben angewendet, um mögliche signifikante Unterschiede zwischen der ersten und der zweiten Testung festzustellen.

Zunächst werden die Ergebnisse der Schülerinnen und Schüler der 5. Schulstufe aus beiden Testteilbereichen behandelt und die der Interventionsklassen mit denen der Kontrollklasse gegenübergestellt. Der t-Test der Interventionsklassen der 5. Schulstufe wird in Tab. 17 dargestellt.

Tab. 17: T-Test für abhängige Stichproben der Interventionsklassen der 5. Schulstufe

	Differenz der Mittelwerte	T	df	Sig. (2-seitig)
Geometrietest (prä) - Geometrietest (post)	-,75000	-,730	47	,469
Statine-Werte (prä) - Statine-Werte (post)	-,891	-2,466	45	,018

Bei dem Geometrietest unterscheiden sich die durchschnittlichen Testergebnisse von der ersten auf die zweite Testung um weniger als einen Punkt. Der Signifikanzwert von $p=0,469$ liegt über dem Wert 0.05, wodurch kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Testergebnissen zu verzeichnen ist. Demnach liegt keine signifikante Veränderung der Geometrietestergebnisse bei den Schülerinnen und Schülern der Interventionsklassen der 5. Schulstufe vor ($p=0.469$, $T_{47}=-0.730$).

Betrachtet man die Werte des Revisionstests in Tab. 17, so erkennt man eine Differenz des durchschnittlichen Statine-Werts um rund 0,9 Werteinheiten. Die Statine-Werte entsprechen einer nur neunstufigen Skala, wodurch diese Differenz nicht mit der des Geometrietests, bei welchem 21 Punkte zu erreichen sind, verglichen werden kann. Für die Ermittlung der Differenzwerte der Mittelwerte werden die Ergebnisse der Posttestung von den Ergebnissen der Prätestung abgezogen. Aufgrund des daraus resultierenden negativen Vorzeichens wird ersichtlich, dass die Interventionsklassen der 5. Schulstufe ihren Statine-Wert bei dem Posttest um fast eine ganze Werteinheit steigern konnten. Dass es sich bei dieser Steigerung um eine signifikante Verbesserung handelt, zeigt der t-Test für abhängige Stichproben. Der Signifikanzwert von $p=0,018$ liegt unter dem Wert 0.05, womit ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Testergebnissen bestätigt wird. Die Schülerinnen und Schülern der Interventionsklassen der 5. Schulstufe konnten bei dem

Revisionstest zum zweiten Testzeitpunkt signifikant bessere Werte abliefern, als bei der ersten Testung ($p=0.18$, $T_{45}=-2.466$).

Der t-Test der Kontrollklasse der 5. Schulstufe zeigt weder bei dem Geometrietest, noch bei den Statine-Werten des Revisionstests signifikante Unterschiede zwischen dem Prä- und dem Posttest (Tab. 18).

Tab. 18: T-Test für abhängige Stichproben der Kontrollklasse der 5. Schulstufe

	Differenz der Mittelwerte	T	df	Sig. (2-seitig)
Geometrietest (prä) - Geometrietest (post)	,59870	,479	22	,637
Statine-Werte (prä) - Statine-Werte (post)	-,100	-,191	19	,850

Die Differenz der durchschnittlichen Geometrietestergebnisse zu beiden Testzeitpunkten wird mit rund 0,6 Punkten statistisch betrachtet als nicht signifikant unterschiedlich gewertet. Dies zeigt der Signifikanzwert des t-Tests, welcher mit $p=0,637$ über dem Wert 0,05 liegt und das Vorliegen keines signifikanten Unterschieds bestätigt ($p=0.637$, $T_{22}=0.479$). Die Statine-Werte des Revisionstests liefern ein ähnliches Ergebnis. Die Differenz der durchschnittlich erreichten Statine-Werte der Kontrollklasse der 5. Schulstufe beträgt 0,1 Werteinheiten, was auf keinen Unterschied schließen lässt. Der t-Test bestätigt diese Annahme. Da $p=0.850 > 0.05$, ist kein signifikanter Unterschied zwischen den Statine-Werten der ersten und der zweiten Testung gegeben ($p=0.850$, $T_{19}=-0.191$).

Bei dem Revisionstest konnten die Schülerinnen und Schüler der Interventionsklassen der 5. Schulstufe ihr Ergebnis im Gegensatz zu denen der Kontrollklasse bei der Posttestung signifikant steigern. Bei dem Geometrietest sind sowohl bei den Interventionsklassen, als auch bei der Kontrollklasse keine signifikanten Unterschiede erkennbar.

Der t-Test für abhängige Stichproben liefert bei den Interventionsklassen der 7. Schulstufe sehr eindeutige Ergebnisse (Tab. 19).

Tab. 19: T-Test für abhängige Stichproben der Interventionsklassen der 7. Schulstufe

	Differenz der Mittelwerte	T	df	Sig. (2-seitig)
Geometrietest (prä) - Geometrietest (post)	-5,54286	-5,969	34	,000
Statine-Werte (prä) - Statine-Werte (post)	-1,771	-5,440	34	,000

Laut der Angabe der Differenz der Mittelwerte des Geometrietests erreichten die Schülerinnen und Schüler der Interventionsklassen bei der zweiten Testung eine um

durchschnittlich 5,5 Punkte höhere Punkteanzahl. Dieses Ergebnis wird durch den Signifikanzwert von $p=0,000$ bestätigt und verweist auf einen positiv signifikanten Unterschied bei der Posttestung verglichen zu der Prätestung ($p<0.001$, $T_{34}=-5.969$).

Ein ebenso deutliches Ergebnis liefert der t-Test mit den Statine-Werten des Revisionstests. Die Interventionsklassen der 7. Schulstufe konnten deren Statine-Wert bei der Posttestung um rund 1,8 Werteinheiten steigern. Auch statistisch kann dieser Unterschied belegt werden. Der Signifikanzwert von $p=0,000$ sowie die Differenz der Mittelwert der Statine-Werte weisen auf eine signifikante Steigerung der Ergebnisse der Interventionsklassen bei der Posttestung hin ($p<0.001$, $T_{34}=-5.440$).

Der t-Test der Kontrollklasse der 7. Schulstufe (Tab. 20) liefert ein ähnliches Ergebnis wie der der 5. Schulstufe.

Tab. 20: T-Test für abhängige Stichproben der Kontrollklasse der 7. Schulstufe

	Differenz der Mittelwerte	T	df	Sig. (2-seitig)
Geometrietest (prä) - Geometrietest (post)	,79762	,375	20	,712
Statine-Werte (prä) - Statine-Werte (post)	,474	,655	18	,521

Bei dem Geometrietest liegt die Differenz der durchschnittlich erreichten Punkte unter einem Punkt, was laut dem Signifikanzwert keinem signifikanten Unterschied entspricht. Da dieser mit $p=0,712$ über dem Wert 0,05 liegt, kann die Alternativhypothese verworfen und die Nullhypothese angenommen werden. Die Geometrietestergebnisse des Posttests unterscheiden sich bei der Kontrollklasse der 7. Schulstufe nicht signifikant von den Ergebnissen des Prätests ($p=0.712$, $T_{20}=0.375$).

Die Statine-Werte des Prä- und Posttests unterscheiden sich bei der Kontrollklasse um gerundet einen halben Wert, was das Vorherrschen keines signifikanten Unterschieds vermuten lässt. Der Signifikanzwert des t-Tests bestätigt diese Vermutung. Da $p=0.521 > 0.05$, wird die Nullhypothese angenommen und kein signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen der Prä- und Posttestung festgestellt ($p=0.521$, $T_{18}=0.655$).

Die Schülerinnen und Schüler der Interventionsklassen der 7. Schulstufe wiesen bei dem Geometrietest nach der Interventionsphase signifikant bessere Werte auf, verglichen zu dem Test vor den *Vital4Brain*-Interventionen. Auch die Statine-Werte des Revisionstests konnten bei den Interventionsklassen von dem ersten auf den zweiten Test um über eine Werteinheit und demnach statistisch signifikant gesteigert werden. Bei den Schülerinnen und Schülern der dazugehörigen Kontrollklasse konnten bei beiden Teilbereichen keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Die Ergebnisse des t-Tests der Interventionsklassen der 11. Schulstufe werden in Tab. 21 dargestellt.

Tab. 21: T-Test für abhängige Stichproben der Interventionsklassen der 11. Schulstufe

	Differenz der Mittelwerte	T	df	Sig. (2-seitig)
Geometrietest (prä) - Geometrietest (post)	-2,86935	-3,864	30	,001
Statine-Werte (prä) - Statine-Werte (post)	-1,138	-2,568	28	,016

Die durchschnittlich erreichte Punkteanzahl der Geometrietests unterscheidet sich von der Prä- auf die Posttestung um rund 2,9 Punkte, um welche sich die Schülerinnen und Schüler der Interventionsklassen bei der Posttestung steigern konnten. Dass es sich bei dieser Differenz um einen signifikanten Unterschied handelt, zeigt der Signifikanzwert von $p=0,001$. Da $p<0,05$, kann die Alternativhypothese angenommen werden und ein signifikant unterschiedliches Ergebnis beim Posttest verglichen zum Prätest bestätigt werden ($p=0,001$, $T_{30}=-3.864$).

Auch beim Revisionstest weisen die Schülerinnen und Schüler der Interventionsklassen der 11. Schulstufe beim Posttest bessere Statine-Werte auf, als bei dem Prätest. Dieser Unterschied kann auch hier mithilfe des Signifikanzwerts des t-Tests von $p=0,016$ ($<0,05$) bestätigt werden. Somit unterscheiden sich die Statine-Werte der Prätestung signifikant von denen der Posttestung ($p=0,016$, $T_{28}=-2.568$).

Die Tab. 22 zeigt die Ergebnisse des t-Tests der Kontrollklasse der 11. Schulstufe.

Tab. 22: T-Test für abhängige Stichproben der Kontrollklasse der 11. Schulstufe

	Differenz der Mittelwerte	T	df	Sig. (2-seitig)
Geometrietest (prä) - Geometrietest (post)	-3,62500	-3,345	17	,004
Statine-Werte (prä) - Statine-Werte (post)	,824	1,154	16	,265

Bei dem Geometrietest der Kontrollklasse ist eine Differenz von rund 3,6 Punkten zwischen beiden Testzeitpunkten ersichtlich. Diese entspricht laut dem Signifikanzwert von $p=0,004$ ($<0,05$) einem signifikanten Unterschied zwischen der Prä- und der Posttestung. Demnach weisen die Schülerinnen und Schüler der Kontrollklasse der 11. Schulstufe bei der Posttestung signifikant bessere Werte auf, als bei der Prätestung ($p=0,004$, $T_{17}=-3.345$). Die Größe dieses statistischen Unterschieds kann mithilfe der Effektgröße Cohen's d ermittelt

werden. Mit der Formel $d = \frac{|\overline{x_D}|}{\sqrt{\sigma_D^2}} = \frac{|-3,625|}{4,59719} = 0,788$ stellt sich heraus, dass es sich dabei um eine mittlere Effektstärke handelt.

Bei den Statine-Werten der Kontrollklasse kann kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Differenz der Mittelwerte der Statine-Werte liegt unter einer Werteinheit, was nach dem t-Test keinem Unterschied entspricht. Der Signifikanzwert von $p=0,265$ bestätigt, dass sich die Statine-Werte bei den Kontrollklassen der 11. Schulstufe zu beiden Testzeitpunkten nicht signifikant unterscheiden ($p=0.265$, $T_{16}=1.154$).

Die Schülerinnen und Schüler der Interventionsklassen der 11. Schulstufe konnten bei beiden Testbereichen positiv signifikante Unterschiede zwischen dem Prä- und dem Posttest erzielen. Die Schülerinnen und Schüler der dazugehörige Kontrollklasse weisen bei dem Geometrietest ein signifikant besseres Ergebnis bei der Posttestung auf, verglichen zu der Prätestung. Bei den Statine-Werten des Revisionstest konnten bei den Kontrollklassen keine signifikanten Unterschiede zwischen der ersten und der zweiten Testung festgestellt werden.

Die angewendeten statistischen Tests ergeben, dass sowohl die Hypothese H_1 und die Hypothese H_2 beibehalten werden können. Die regelmäßige Durchführung des Bewegungsprogramms *Vital4Brain* im Mathematikunterricht hat sowohl eine Verbesserung der Geometrietestergebnisse als auch eine Verbesserung der mathematikspezifischen Konzentrationsfähigkeit zu verzeichnen. Die Interventionsklassen weisen, bis auf eine Ausnahme, keine schulstufenspezifischen Unterschiede auf weswegen die Hypothese H_3 im Wesentlichen angenommen werden kann. Auch die Hypothese H_4 konnte größtenteils bestätigt werden. In jeder Schulstufe liefern die Schülerinnen und Schüler der Interventionsklassen signifikant bessere Ergebnisse, mit Ausnahme von dem gleichbleibenden Geometrietestergebnis in der 5. Schulstufe. In den Kontrollklassen konnten, bis auf die Verbesserung des Geometrietestergebnisses in der 11. Schulstufe, in keiner Schulstufe in keinem Testbereich signifikant besseren Ergebnisse erreicht werden.

6.3. Interpretation und Diskussion

Der Fokus dieser Masterarbeit liegt darauf, Rückschlüsse auf die Aufmerksamkeits- und Konzentrationsfähigkeit von Schülerinnen und Schülern nach der regelmäßigen Durchführung eines koordinativ herausfordernden Bewegungsprogrammes zu ziehen.

Eine gewisse Aufmerksamkeit und Konzentration ist vor allem in der Schule unerlässlich und eine Grundvoraussetzung für ein erfolgreiches Lernen. Folgt man der Begriffserklärung von Memmert & Weickgenannt (2006), so richtet sich die Aufmerksamkeit auf die allgemeine Wahrnehmung von Reizen, während die Konzentration als spezielle Form der Aufmerksamkeit bezeichnet wird und sich auf explizite Handlungen bezieht.

Die damit verbundenen Fähigkeiten gelten allgemein als verbesserungsfähig. Davon sollte aufgrund vielfach vorherrschender und besorgniserregender Mängel im Schulsystem Gebrauch gemacht werden. Schon Lörincz-Markl (1985) behauptete, dass die Aufmerksamkeit eine spezielle trainierbare Kontrollhandlung sei und spezifische Verbesserungen der durchgeführten Tätigkeiten selbst bedingt. Auch einige aktuellere Untersuchungen zeigen, dass Verbesserungsmöglichkeiten der Konzentrations- und Aufmerksamkeitsfähigkeiten bestehen und damit verbundene Leistungssteigerungen möglich sind (Beer, Nikl & Schwarz, 2012; Gerster, 2012; Partisch, 2010; Marschner A., 2007).

Auf welcher wissenschaftlichen Basis diese Verbesserungen möglich sind und welche Zusammenhänge zwischen den Begriffen Lernen, Didaktik, Neurowissenschaft und Erziehungswissenschaft bestehen, erklärt Preiß mithilfe seiner 1988 neu eingeführten wissenschaftlichen Disziplin, der „Neurodidaktik“. Dieser und sein Nachfolger Friedrich befassen sich mit traditionellen Lerntheorien und versuchen diese anhand der Gehirnfunktionen zu erklären (Friedrich, 2005; Preiß, 2019). Bereits Preiß verweist auf einen Zusammenhang zwischen Bewegung, Aufmerksamkeit und Lernen (Preiß & Preiß, 2014), der in den darauffolgenden Jahren intensiv untersucht wird.

Es gibt längst einige Studien, die belegen, dass Bewegung und Sport eine positive Wirkung auf die Lern- und Konzentrationsfähigkeit hat und dahingehend signifikante Zusammenhänge bestehen (Beer, Nikl & Schwarz, 2012; Walk, 2011; Stroth et al., 2009; Kubesch et al., 2009).

In meiner Forschungsarbeit wollte ich mich konkret mit solchen Effekten im Unterrichtsfach Mathematik befassen und mögliche Leistungsveränderungen mithilfe des Programms *Vital4Brain* untersuchen.

Die Literatur spricht als Folgeerscheinung von Bewegung und Sport sowohl von einer Verbesserung der Lernfähigkeit als auch von einer Steigerung der Konzentrationsfähigkeit. Die ersten beiden Hypothesen wurden demnach zur Feststellung dieser Annahmen erstellt und überprüft.

H₁: Die regelmäßige Durchführung des Programms *Vital4Brain* während des sechswöchigen Forschungszeitraums führt zu verbesserten Ergebnissen bei Aufgaben, welche eine zwei- und dreidimensionale Vorstellungskraft fordern.

Wie bereits erwähnt, können Aufmerksamkeits- und Konzentrationsfähigkeiten trainiert werden und zusätzlich zu Verbesserungen in den ausgeführten Tätigkeiten führen. Bei der Lösung von geometrischen Aufgaben ist nicht nur ein gutes zwei- und dreidimensionales Vorstellungsvermögen gefragt, sondern auch eine besonders hohe Konzentrationsspanne gefordert. Die Schülerinnen und Schüler mussten sich während eines 15-minütigen Zeitraums auf komplexe Aufgabenstellungen konzentrieren. Dieser Testbereich gibt demnach nicht nur Aufschluss über die Konzentrationsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler, sondern überprüft zusätzlich, ob die oben angesprochenen Handlungen selbst auch verbessert werden konnten.

Bei der Überprüfung der Hypothese H₁ wurden bei der Prätestung keine Unterschiede zwischen den Interventions- und Kontrollklassen insgesamt festgestellt. Bei dem Posttest konnte ein signifikanter Unterschied zwischen Interventions- und den Kontrollklassen ermittelt werden. Der Vergleich der Mittelwerte beider Tests zeigt, dass die Interventionsklassen ihre Punkteanzahl bei dem Geometrietest deutlich verbessern konnten. Ein anschließend durchgeführter t-Test bestätigt, dass es sich bei den Veränderungen von den Prä- auf die Posttestungen um einen signifikanten Unterschied handelt und die Interventionsklassen ihre Leistung statistisch signifikant steigern konnten. Die Kontrollklassen wiesen nur eine minimale Verbesserung auf, welche dadurch zu erklären ist, dass die Schülerinnen und Schüler bei dem zweiten Testtermin bereits mit dem Testformat und dem Ablauf vertraut waren. Diese Verbesserung wird laut des t-Tests als nicht signifikant unterschiedlich gewertet. Diese Resultate lassen darauf schließen, dass die *Vital4Brain*-Interventionen eine positive Wirkung auf die zwei- und dreidimensionale Vorstellungskraft der Schülerinnen und Schüler hat und diese eine ausreichende Konzentrationsspanne aufbieten konnten, um bessere Ergebnisse abzuliefern.

Die Hypothese H₂ zielt speziell auf die Verbesserung der Konzentrationsfähigkeit bei mathematischen Rechenaufgaben unter Zeitdruck ab.

H₂: Die regelmäßige Durchführung von *Vital4Brain*-Einheiten während des sechswöchigen Forschungszeitraums zeigt eine Verbesserung der Konzentrationsleistung bei geistiger mathematikspezifischer Tempoarbeit auf.

Bei diesem Testbereich mussten die Schülerinnen und Schüler einstellige Additionen als richtig oder falsch beurteilen. Insgesamt mussten 14 Zeilen bearbeitet werden, wobei für die Bearbeitung einer Zeile eine gewisse Zeit vorgegeben war. Ziel dieses sogenannten Revisionstests ist es, schnell und gleichzeitig fehlerfrei zu arbeiten. Dieses Testformat fordert eine enorme Konzentrationsleistung und untersucht die von Memmert & Weickgenannt (2006) definierte Konzentrationsfähigkeit, welche sich in diesem Zusammenhang auf die Durchführung mathematischer Handlungen bezieht. Die Hypothese H₂ konnte ebenso wie die Hypothese H₁ mithilfe statistischer Auswertungsmethoden bestätigt werden. Bei der Prätestung wurden Unterschiede zwischen den Gruppen erkannt, wodurch auf ein unterschiedliches Ausgangsniveau bei den Interventions- und Kontrollklassen zu schließen ist. Die Untersuchung zeigt, dass trotz der unterschiedlichen Niveaus statistisch signifikante Verbesserungen der Interventionsklassen beim Revisionstest zu verzeichnen sind. Nicht nur die Statine-Werte, welche das Endergebnis des Revisionstests am besten repräsentiert, konnten bei den Interventionsklassen um eine ganze Werteeinheit gesteigert werden, auch alle weiteren relevanten Werte lassen auf eine Verbesserung der Konzentrationsfähigkeit bei geistiger mathematikspezifischer Tempoarbeit aufgrund der *Vital4Brain*-Interventionen schließen. Beispielsweise konnten die Interventionsklassen eine deutliche Steigerung der Gesamtmenge erreichen, während sich die Fehlerquote nicht erhöhte. Die Kontrollklassen weisen im Gegensatz dazu eine geringere Steigerung der Gesamtmenge auf, welche jedoch einen deutlichen Anstieg der Fehlerquote um durchschnittlich vier Fehler mit sich brachte.

Ein weiterer interessanter Aspekt ist der Einfluss des Alters der Schülerinnen und Schüler auf die Ergebnisse der Durchführung des Programms *Vital4Brain*. Folglich ist die Fragestellung entstanden, ob unterschiedliche Auswirkungen und Ergebnisse in den einzelnen Altersstufen festzustellen sind. Schülerinnen und Schüler verschiedener Schulstufen bringen unterschiedliche Voraussetzungen, Einstellungen und Motivationen mit sich, welche Einfluss auf die Wirkung des Programms und die Ergebnisse meiner Forschung haben könnten. Aufgrund dessen wurden Klassen aus drei nicht aufeinanderfolgenden Schulstufen gewählt, wodurch drei unterschiedliche Altersstufen abgedeckt wurden. Dieser Frage wurde im Zuge der Untersuchung der dritten Hypothese und vierten auf den Grund gegangen.

H₃: Die Anwendung des Programms *Vital4Brain* während des sechswöchigen Forschungszeitraums verzeichnet keine unterschiedlichen Resultate in den verschiedenen Schulstufen.

Die Analyse des Geometrieteils zeigt einen Unterschied zwischen den Interventionsklassen der 5. und 7. Schulstufe. Zwischen allen anderen Schulstufen sind keine auffälligen Abweichungen erkennbar. Auch bei dem Revisionstest schneiden alle Schülerinnen und Schüler der Interventionsklassen mit ähnlichen Verbesserungswerten ab. Demnach sind bis auf ein Teilergebnis bei dem Geometrietest keine unterschiedlichen Resultate in den verschiedenen Schulstufen vorzufinden. Dies lässt die Vermutung anstellen, dass das Programm *Vital4Brain* bei den getesteten Schulstufen ähnliche Effekte und Wirkungen auf die getesteten Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler erzielt.

H₄: Die Anwendung des Programms *Vital4Brain* während des sechswöchigen Forschungszeitraums verzeichnet in jeder Schulstufe verbesserte Ergebnisse der Interventionsklassen, im Gegensatz zu den jeweiligen Kontrollklassen.

Während bei der Hypothese H₃ untersucht wurde, ob Unterschiede zwischen den Schulstufen erkennbar sind, wurden bei der Überprüfung der Hypothese H₄ die einzelnen Schulstufen getrennt voneinander behandelt und die Ergebnisse der Interventions- und Kontrollklassen auf signifikante Veränderungen in beiden Testteilbereichen getestet.

In den Interventionsklassen konnten sich, bis auf eine Ausnahme, die Schülerinnen und Schüler in jeder Schulstufe bei der Posttestung signifikant verbessern. Ausschließlich in der 5. Schulstufe konnte bei dem Geometrietest kein signifikanter Unterschied zwischen der Prä- und der Posttestung ermittelt werden. Die Differenz der Mittelwerte ist zwar höher als die der Kontrollklasse, jedoch zu wenig für einen signifikanten Unterschied. Folglich ist anzunehmen, dass sich die Schülerinnen und Schüler dieser Schulstufe zwar auch verbessert haben, jedoch nicht in dem Ausmaß, wie die Schülerinnen und Schüler in der 7. und 11. Schulstufe. Bei dem Revisionstest verzeichnen die Interventionsklassen in allen drei Schulstufen positiv signifikante Unterschiede bei der Testung nach der Interventionsphase.

Die Kontrollklassen weisen im Gegensatz dazu in der 5. und in der 7. Schulstufe weder beim Geometrietest, noch beim Revisionstest signifikante Unterschiede zu beiden Testzeitpunkten auf. In der 11. Schulstufe zeigt sich beim Revisionstest keine Leistungsveränderung, beim Geometrietest ist jedoch ein signifikanter Unterschied erkennbar. Dabei handelt es sich um eine nur mittlere Effektstärke, welche durch die Vertrautheit mit dem Testformat, der Aufgabenstellungen und eine bessere Zeiteinteilung erklärbar sein kann.

Demnach konnte festgestellt werden, dass sich, bis auf die zwei erwähnten Ausnahmefälle, die Interventionsklassen jeder Schulstufe in beiden Testteilbereichen signifikant von der Prätestung zur Posttestung verbessern konnten und die Leistungen der schulstufenspezifisch unterschiedlichen Kontrollklassen während des gesamten Forschungszeitraumes konstant blieben und keine signifikanten Unterschiede zu beiden Testzeitpunkten aufwiesen.

Insgesamt stimmt die Theorie zu den Themen Konzentration und Aufmerksamkeit sowie deren Trainierbarkeit mit den Ergebnissen dieser Arbeit überein. Sowohl bei den Geometrieaufgaben als auch bei dem Revisionstest konnten bei den Interventionsklassen deutliche Verbesserungen aufgezeigt werden, während die Kontrollklassen insgesamt keine besseren Ergebnisse verzeichneten. Auch die Prinzipien und Grundannahmen des Bewegungsprogramms *Vital4Brain* zeigen ihre Wirkung. Die positiven Effekte von Bewegung auf die kognitiven Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler konnten im Zuge dieser Arbeit nachgewiesen werden. Das Programm *Vital4Brain* macht sich das Wissen rund um die neurobiologischen, lerntheoretischen und bewegungswissenschaftlichen Grundlagen zu Nutze und vereint dieses zu einem effektiven Bewegungsprogramm, welches speziell für Schülerinnen und Schüler konzipiert wurde und dessen Effektivität auch im Mathematikunterricht unter Beweis gestellt wurde.

7. Zusammenfassung

Die Konzentrations- und Aufmerksamkeitsfähigkeit spielen für Schülerinnen und Schüler sowohl in der Schule während des Unterrichts als auch zu Hause beim Lernen eine bedeutende Rolle. Viele Studien belegen bereits, dass diese Fähigkeiten und die getätigten Handlungen selbst durch bestimmte Trainingsformen geübt und verbessert werden können. Eine dieser Möglichkeiten ist die Trainierbarkeit der Konzentrationsleistung durch das Durchführen von bestimmten Bewegungsaufgaben. Besonders koordinativ herausfordernde Bewegungen führen zu einer starken Vernetzung der Neuronen und erweitern die Netzwerke im Gehirn. Bei diesen Bewegungen werden dieselben neuronalen Strukturen im Gehirn rekrutiert, welche für das Denken beansprucht werden. Von diesen Fakten macht das Programm *Vital4Brain* Gebrauch, dessen Wirkung bei mathematischen Inhalten in dieser Arbeit untersucht wurde.

In der vorliegenden empirischen Untersuchung wurden 198 Schülerinnen und Schüler eines Bundesrealgymnasiums zu den Effekten des Programms *Vital4Brain* auf deren kognitive und mathematische Fähigkeiten untersucht. Insgesamt nahmen neun Klassen aus drei verschiedenen Schulstufen teil, wobei pro Schulstufe jeweils zwei Interventionsklassen und eine Kontrollklasse gewählt wurden. Während eines sechswöchigen Forschungszeitraums führten die Interventionsklassen dreimal pro Woche *Vital4Brain*-Einheiten mit ihren Lehrkräften während des Mathematikunterrichts durch. Die Kontrollklassen durften keine *Vital4Brain*-Interventionen ausüben. Vor und nach dieser Interventionsphase wurde in jeder Klasse eine Testung mit geometrischen und konzentrationsfordernden Inhalten durchgeführt.

Der erste Teilbereich der Testung beinhaltete Aufgaben, welche die zwei- und dreidimensionale Vorstellungskraft der Schülerinnen und Schüler forderte. Die Auswertung dieses Teilbereichs ergab signifikante Unterschiede zwischen den Interventions- und Kontrollklassen. Während sich die Interventionsklassen bei der zweiten Testung um rund 3 Punkte im Vergleich zu der ersten Testung vor den Interventionen steigern konnten, verzeichneten die Kontrollklassen nur eine minimale Verbesserung von 0,56 Punkten. Die gesteigerte Punkteanzahl der Interventionsklassen konnte als signifikante Verbesserung bestätigt werden, die Ergebnisse der Kontrollklassen wiesen keinen statistisch signifikanten Unterschied auf. Ein ähnliches Ergebnis lieferte der Revisionstest des zweiten Teilbereichs, wo die Schülerinnen und Schüler, welche regelmäßig die *Vital4Brain*-Einheiten durchführten, deutliche Steigerungen zeigten. Bei der Posttestung erreichten die Interventionsklassen in allen relevanten Werten bessere Ergebnisse, welche auf eine gesteigerte Konzentrations- und Aufmerksamkeitsleistung rückschließen lassen.

Zusätzlich ergab die Untersuchung, dass das Programm *Vital4Brain* größtenteils ähnliche Wirkungen in den verschiedenen Schulstufen erzielt. Es konnte ausschließlich bei einem Teilbereich zwischen zwei Schulstufen ein Unterschied ausfindig gemacht werden. Bei der schulstufenspezifischen Untersuchung der Interventions- und Kontrollklassen konnten die obigen Ergebnisse durchwegs bestätigt werden. Die Schülerinnen und Schüler der Interventionsklassen weisen bei der Posttestung, bis auf eine Ausnahme, in allen drei Schulstufen in beiden Testteilbereichen signifikant bessere Ergebnisse auf, als bei der Prätestung. Nur eine Kontrollklasse verbesserte sich in einem Testteilbereich, alle anderen Kontrollklassen zeigten zu beiden Testzeitpunkten in keinem der beiden Teilbereiche signifikante Unterschiede auf.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Untersuchung lässt sich die Forschungsfrage, ob die regelmäßige Anwendung des Programms *Vital4Brain* eine positive Wirkung auf die Konzentrationsleistung im Mathematikunterricht hat, bejahen.

Es ist anzumerken, dass die Ergebnisse dieser Untersuchung ausschließlich die Leistungen der Schülerinnen und Schüler bezogen auf die getesteten Inhalte widerspiegeln und daher lassen sich keine Rückschlüsse auf Schulnoten oder Verhaltensmuster ziehen. Die Stichprobe liefert keine Informationen über die Grundgesamtheit und repräsentiert nicht die Allgemeinheit.

Der Forschungszeitraum unterlief einer sechswöchigen Interventionsphase, es fand jeweils ein Test vor und nach der Interventionsphase statt. Die Untersuchung gibt keine Auskunft darüber, ob die Übungen direkt nach der Durchführung Wirkung zeigen oder auch langfristige Effekte mit sich bringen.

Diese Arbeit zeigt also, dass die regelmäßige Durchführung des Programms *Vital4Brain* im Mathematikunterricht während eines sechswöchigen Forschungszeitraums positive Auswirkungen auf die Konzentrationsleistung von Schülerinnen und Schüler beim Bearbeiten mathematischer Inhalte mit sich bringt.

8. Literaturverzeichnis

- Ansorge, U. & Leder, H. (2011). *Wahrnehmung und Aufmerksamkeit*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Becker, N. (2006). *Die neurowissenschaftliche Herausforderung der Pädagogik*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Beer, G. & Schwarz, W. (2012). Lernen und Bewegung – Schlaglichter auf den aktuellen Forschungsstand. *Erziehung und Unterricht*, 1-2, S. 87-102.
- Beer, G., Nikl, D. & Schwarz, W. (2012). Studie "BrainMove - bewege dich schlau". Aufmerksamkeitstestung und Bewegungsübungen. Eine empirische Studie. *Erziehung und Unterricht*, 1-2, S. 103-113.
- Bundesministerium für Bildung und Frauen. (2012). *Die kompetenzorientierte Reifeprüfung. Mathematik an AHS. Richtlinien und Beispiele für Themenpool und Prüfungsaufgaben*. Wien: Bundesministerium für Bildung und Frauen.
- Büttner, G. & Schmidt-Atzert, L. (2004). *Diagnostik von Konzentration und Aufmerksamkeit*. Göttingen: Hogrefe.
- Christakis, D. A., Zimmermann, F. J., DiGiuseppe, D. L. & McCarty, C. A. (2004). Early television exposure and subsequent attention problems in children. *Pediatrics*, 708-713.
- Colcombe, S. & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychological Science*, 125-130.
- Defitowski, J. (2014). *Rechenschwierigkeiten im Mathematikunterricht der Grundschule: Entwicklung des mathematischen Lernprozesses: Typische Fehler und Probleme, Fallbeispiele, diagnostik, Förderung*. Hamburg: Diplomata .
- Dietz, P. (2014). *Umgang mit Unterrichtsstörungen: Hilfen für Lehrerinnen und Lehrer zur Reduzierung von Störungen im Unterricht*. Hamburg: Bachelor + Master Publishing.
- Ellinger, S., Walther, P. & Dietrich, J. (2010). Aufmerksamkeitsförderung in der Schule durch Neurofeedback: Brainfeeders. Konzept und Design eines Forschungsprojekts. *Empirische Sonderpädagogik*, S. 22-39.
- Eriksson, P. S., Perfilieva, E., Björk-Eriksson, T., Alborn, A.-M., Nordborg, C., Peterson, D. A., et al. (1998). Neurogenesis in the adult human hippocampus. *Nature Medicine*, 4(11), 1313–1317.
- Ferchhoff, W. (2010). *Jugend und Jugendkulturen im 21. Jahrhundert: Lebensformen und Lebensstile*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Folta-Schoofs, K. & Ostermann, B. (2019). *Neurodidaktik: Grundlage für Studium und Praxis*. Stuttgart: Kohlhammer Verlag.
- Friedrich, G. (2005). *Allgemeine Didaktik und Neurodidaktik*. Frankfurt: Peter Lang.

- Fritz, J. & Tomaschek, N. (2016). *Gesellschaft im Wandel: Gesellschaftliche, wirtschaftliche und ökologische Perspektiven*. Münster: Waxmann.
- Gerster, H.-D. (2012). *Schülerfehler bei schriftlichen Rechenverfahren – Diagnostik und Therapie*. Münster: WTM.
- Gnambs, T. (2004). *Graphische Analogskalen in internetbasierten Fragebögen. Unveröffentlichte Masterarbeit*. Wien: Universität Wien.
- Heil, S. (2017). *Konzentrationsförderung im Unterricht an einer Schule mit Förderschwerpunkt „Lernen“*. München: GRIN Verlag.
- Hillman, C., Erickson, K. I. & Kramer, A. F. (Februar 2008). Be Smart, Exercise Your Heart: Exercise Effects on Brain and Cognition. *Nature Reviews Neuroscience* 9(1), 58-65.
- Jannsen, J. P. & Strang, H. J. (1991). Konzentration als Phänomen und als psychologisches Problem. In J. Peters, E. Hahn & H. Strang (Hrsg.), *Konzentration und Leistung* (S. 1-8). Göttingen: Hogrefe.
- Jannsen, J.-P. (1991). *Konzentration und Leistung*. Göttingen: Hogrefe.
- Jensen, E. (2005). *Teaching with the Brain in Mind. 2nd Edition*. Alexandria: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Junge, M. (2002). *Individualisierung*. Frankfurt: Campus Verlag.
- Kaess, M. & Plener, P. L. (2020). Die Kinder- und Jugendpsychiatrie im Zeitalter der E-Mental Health. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie*, 48 (1), S. 1-2.
- Kauffeld, S. (2014). *Arbeits-, Organisations- und Personalpsychologie für Bachelor*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Kubesch, S., Walk, L., Spitzer, M., Kammer, T., Lainburg, A., Heim, R., et al. (2009). A 30-Minute Physical Education Program Improves Students' Executive Attention. *Mind, Brain, and Education*, 14(4), 235-242.
- Langemann, D. & Sommer, V. (2018). *So einfach ist Mathematik: Basiswissen für Studienanfänger aller Disziplinen. 2. Auflage*. Berlin: Springer-Verlag.
- Leitner, W., Ortner, R. & Ortner, A. (2008). *Handbuch Verhaltens- und Lernschwierigkeiten. 7. überarbeitete und aktualisierte Auflage*. Weinheim Basel: Beltz Verlag.
- Lindner, D., Beer, R., Gabriel, S. & Krobath, T. (2016). *Dialog Forschung. Forschungsband 2015*. Wien: LIT Verlag.
- Lörincz-Markl, M. (1985). *Trainingsprogramm zur schulrelevanten Aufmerksamkeit im Unterrichtsfach Mathematik (Dissertation)*. Wien: Universität Wien.
- Marschner, A. (2007). *Konzentrationssteigerung im Mathematikunterricht insbesondere in der 5. und 6. Schulstufe*. Abgerufen am 20. April 2020 von www.imst.ac.at: https://www.imst.ac.at/imst-wiki/images/3/3f/722_Kurzfassung_Marschner.pdf

- Marschner, G. (1972). *Revisions-Test (Rev. T.) nach B. Stender. Ein allgemeiner Leistungstest zur Untersuchung anhaltender Konzentration bei geistiger Tempoarbeit*. Göttingen: Hogrefe.
- Marschner, G. (1980). *Revisions-Test: Ein allgemeiner Leistungstest zur Untersuchung anhaltender Konzentration bei geistiger Tempoarbeit. Handweisung (Teil II)*. Göttingen: Hogrefe.
- Memmert, D. & Weickgenannt, J. (2006). Zum Einfluss sportlicher Aktivität auf die Konzentrationsleistung im Kindesalter. *Spectrum der Sportwissenschaften*, 18, S. 77-99.
- Moosburger, H. & Kelava, A. (2012). *Testtheorie und Frakebogenkonstruktion*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Müller, M. (2015). *Der Zusammenhang zwischen sportlicher (Wettkampf-) Aktivität und kognitiver Leistung (Diskussionspapier)*. Münster: Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Müller, T. (2013). Pädagogik auf biowissenschaftlicher Grundlage? Aktuelle Tendenzen der Naturalisierung von Bildung und Erziehung. *Berliner Debatte Initial*, 24 (1), S. 24-34.
- Nave-Herz, R. (2002). *Kontinuität und Wandel der Familie in Deutschland: Eine zeitgeschichtliche Analyse*. Oldenbourg: De Gruyter.
- Partisch, E. (2010). *Psychologische Untersuchungen zu einem Trainingsprogramm zur schulrelevanten Aufmerksamkeit im Unterrichtsfach Mathematik: soziale und andere Bedingungsfaktoren (Diplomarbeit)*. Wien: Universität Wien.
- Petermann, F. (2008). *Lehrbuch der Klinischen Kinderneuropsychologie (8. Auflage)*. Göttingen: Hogrefe.
- Planke, K. (2010). *Schule als Konstrukt der Öffentlichkeit: Bilder - Strategien - Wirklichkeiten*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften/ GWV Fachverlage.
- Preiß, G. (2003). *Anmerkungen zur Schule des 21. Jahrhunderts*. Abgerufen am 4. Mai 2020 von www.zahlenland.info/: <https://zahlenland.info/wp-content/uploads/2017/06/NeurodidaktikSchuledes21JahrhundertsGerhardPreiss.pdf>
- Preiß, G. (2019). *Zahlenland Prof. Preiß*. Abgerufen am 2. Mai 2020 von <https://zahlenland.info/>: https://www.zahlenland.info/download/ZLPP_BroschuereSchule.pdf
- Preiß, G. & Preiß, G. (2014). *Jubiläumsjournal. 10 Jahre Zahlenland Prof. Preiß*. Abgerufen am 4. Mai 2020 von www.zahlenland.info: http://www.zahlenland.info/download/ZLPP_Jubilaumsjournal2014.pdf
- Pschyrembel Redaktion. (Januar 2018). *Pschyrembel online*. Abgerufen am 5. April 2020 von Pschyrembel online: <https://www.pschyrembel.de/konzentration/K0C56/doc/>
- Ratey, J. J. & Hagermann, E. (2008). *Superfaktor Bewegung*. Kirchzarten bei Freiburg: VAK.

- Schachl, H. (2016). Neuroscience: A Traditional and Innovative Approach to Education with Focus on Stress with Learning. *Signum Temporis* 2016, 8(1), 9-21.
- Schaumburg, H. (2015). *Chancen und Risiken digitaler Medien in der Schule. Medienpädagogische und -didaktische Perspektiven*. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
- Schipper, W. (2001). Thesen und Empfehlungen zum schulischen und außerschulischen Umgang mit Rechenstörungen. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 23, S. 243-261.
- Schreiner, M. (2019). *Der Einfluss von Austauschbeziehungen und Emotionen auf die Leistungsfähigkeit in Vertriebsseinheiten*. Siegburg: Josef Eul Verlag.
- Schulz, A. (1995). *Lernschwierigkeiten im Mathematikunterricht der Grundschule*. Berlin: Paetec.
- Schwarz, W. (2012). *Vital4Brain: Idee zum Programm und Umsetzung in der Schule*. Wiener Neustadt: Eigenverlag Schulverein Vital4Brain.
- Schwarz, W. & Nikl, D. (2012). *Vital4Brain: Programmstruktur und Vital4Brain Übungen*. Wiener Neustadt: Eigenverlag Schulverein Vital4Brain.
- Sibley, B. A. & Etnier, J. (2003). The Relationship between Physical Activity and Cognition in Children: A Meta-Analysis. *Pediatric exercise science* 15(3), 243-256.
- Siersch, K. (1984). *Konzentration und autogenes Training: empir. Untersuchung zur Verbesserung von Konzentrationsleistungen durch autogenes Training*. München: W. Angerer.
- Spitzer, M. (2006). Medizin für die Schule. Plädoyer für eine evidenzbasierte Pädagogik. In R. Caspary (Hrsg.), *Lernen und Gehirn. Der Weg zu einer neuen Pädagogik* (S. 23-35). Freiburg: Herder.
- Spitzer, M. (2012). *Digitale Demenz: Wie wir uns und unsere Kinder um den Verstand bringen*. München: Droemer HC.
- Stroth, S., Kubesch, S., Dieterle, K., Ruchow, M., Heim, R. & Kiefer, M. (2009). Physical fitness, but not acute exercise modulates event-related potential indices for executive control in healthy adolescents. *Brain Research*, H. 269, 114–124.
- Stubenrauch, C., Krinzinger, H. & Konrad, K. (Juli 2014). Vom Hirnbild zum guten Unterricht. Implikationen von neuropsychologischen und Bildgebungsbefunden für die Lehr-Lern-Forschung. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie* 42, S. 253-269.
- Vogel, P. (2008). Bildung, Lernen, Erziehung, Sozialisation. In P. Vogel (Hrsg.), *Grundbegriffe Ganztagsbildung: Das Handbuch* (S. 118-127). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Walk, L. (1 2011). Bewegung formt das Hirn. Lernrelevante Erkenntnisse der Gehirnforschung. *DIE Zeitschrift für Erwachsenenbildung* 1. Lernen in Bewegung, S. 27-29.

Wittchen, H.-U. & Hoyer, J. (2011). *Klinische Psychologie & Psychotherapie. 2. Auflage.* Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Zahlenland Prof. Preiß e.K. (2004). *Zahlenland Prof. Preiß*. Abgerufen am 4. Mai 2020 von www.zahlenland.info: <https://zahlenland.info/>

Zimmermann, F. J. & Christakis, D. A. (2005). Children's television viewing and cognitive outcomes: a longitudinal analysis of national data. *Arch Pediatr Adolesc Med.*, 619-625.

9. Anhang

A Geometrieaufgaben des Prätests und Posttests

Die Aufgaben des Geometrieteils unterscheiden sich in jeder Schulstufe. Je nach Alter und Können wurden adäquate Aufgabenstellungen gewählt, welche dem Niveau der jeweiligen Schulstufe entsprechen. In jeder Schulstufe wurden sowohl bei dem Prätest, als auch bei dem Posttest unterschiedliche Aufgaben gewählt. Nachstehend befinden sich die Testbögen der Prä- und Posttests der 5. Schulstufe, anschließend die der 7. und 11. Schulstufe.

B Übungsblatt des Revisionstests

Der Revisionstest ist der zweite Teilbereich der Testung und wurde nach dem Geometrietest durchgeführt. Zur Erläuterung befindet sich vor dem Revisionstestbogen ein Übungsblatt samt Probeaufgaben, welche die Schülerinnen und Schüler laut Handweisung vor dem Beginn des Revisionstest bearbeiten sollten. Dieses Übungsblatt unterscheidet sich weder zwischen den Schulstufen, noch zu beiden Testzeitpunkten.

C Testbogen des Revisionstests

Nach dem Übungsblatt folgt der A3 Testbogen des Revisionstests, welcher folgend auf ein A4 Format komprimiert wurde und so dem Anhang beigelegt wurde. Dieser unterscheidet sich ebenso nicht bei der Prä- und der Posttestung und wurde in allen Schulstufen gleichermaßen durchgeführt.



Masterarbeit

„Vital4Brain im Mathematikunterricht“

1. Testung 16. September 2019

5. Schulstufe

Inhalte:

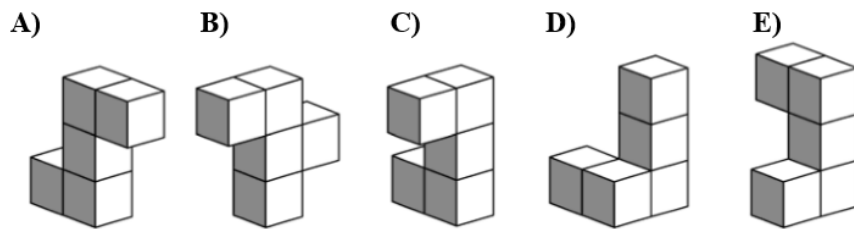
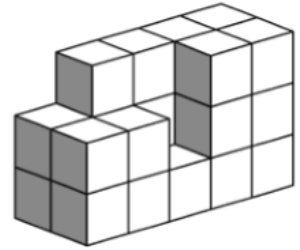
- Geometrieaufgaben: 20 Minuten (inklusive Instruktion)
- Revisions-Test: 20 Minuten (inklusive Instruktion)

Persönlicher Code:

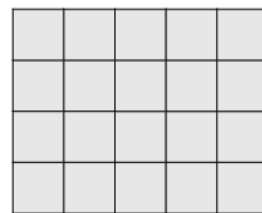
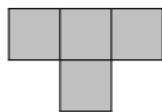
Um Veränderungen erkennen zu können und die Anonymität zu wahren, wird ein sechsstelliger Code erstellt.

	Vorname Mutter: ersten zwei Buchstaben			Geburtstag Mutter: ersten zwei Ziffern			Eigener Geburtstag: ersten zwei Ziffern	
Code								

1. Welchen der folgenden Teile brauche ich, um den abgebildeten Quader zu vervollständigen?

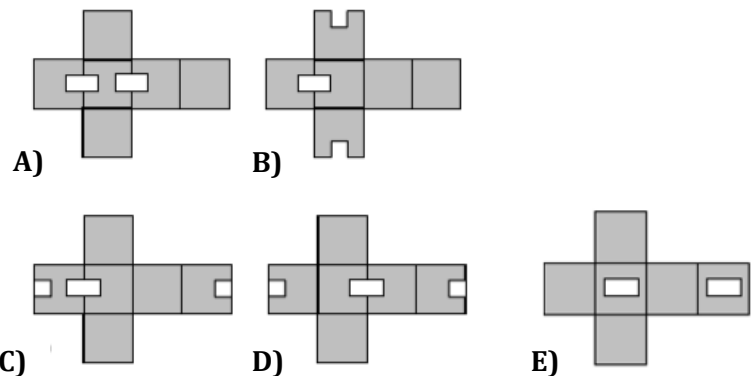
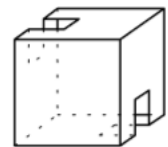


2. Anne hat einige identische graue Figuren, so wie im Bild zu sehen ist. Wie viele solcher Figuren kann sie maximal ohne Überlappung auf das 5x4 Rechteck legen?

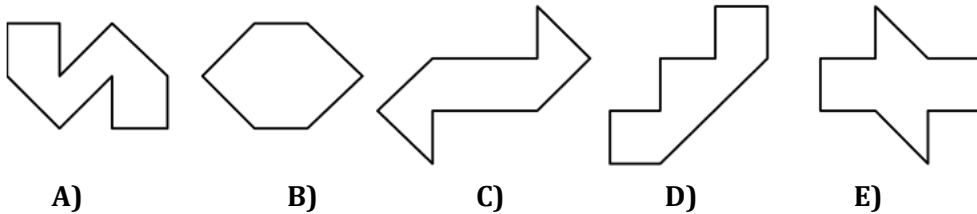
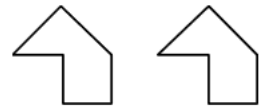


- A) 2 B) 3 C) 4 D) 5 E) 6

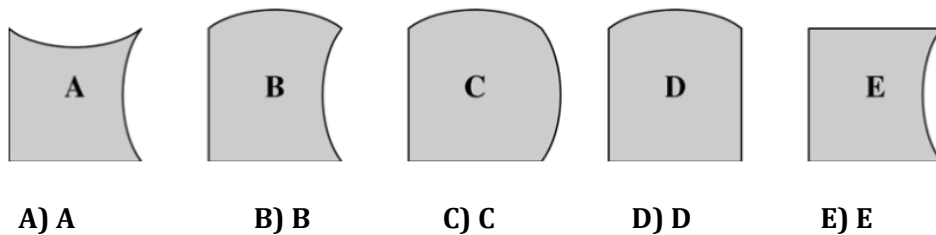
3. Der abgebildete hohle Würfel hat zwei Löcher. Welches Netz gehört zum Würfel?



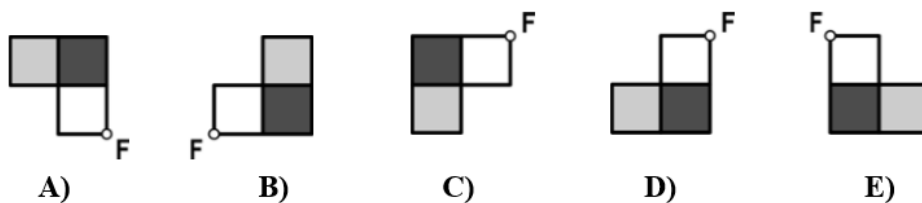
4. Gegeben sind zwei Puzzleteile, die verdreht aber nicht umgedreht (also auf die Rückseite gelegt) werden dürfen. Welches dieser Bilder kann auf diese Weise nicht aus den Teilen gebildet werden?



5. Aus vier der vorgegebenen Teile kann ein Quadrat gebaut werden. Welcher Teil wird dabei nicht verwendet?



6. Die Figur soll um den Punkt F um 180° gedreht werden. Was ist das Ergebnis?



ENDE

des 1. Teilbereichs „Geometrieaufgaben“

bitte noch nicht umblättern!



Masterarbeit

„Vital4Brain im Mathematikunterricht“

2. Testung 24. Oktober 2019

5. Schulstufe

Inhalte:

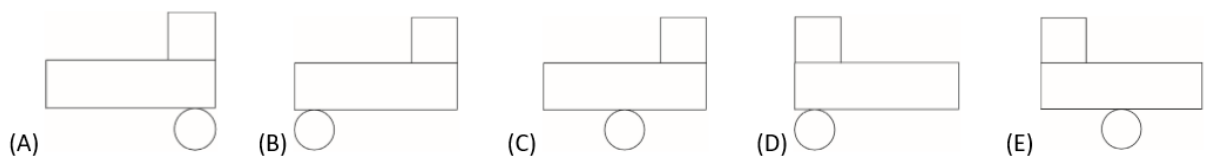
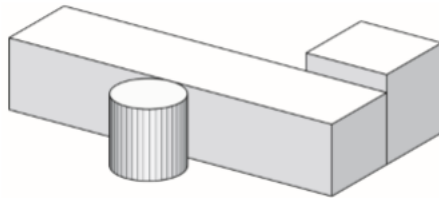
- Geometrieaufgaben: 20 Minuten (inkl. Instruktion)
- Revisions-Test: 20 Minuten (inkl. Instruktion)

Persönlicher Code:

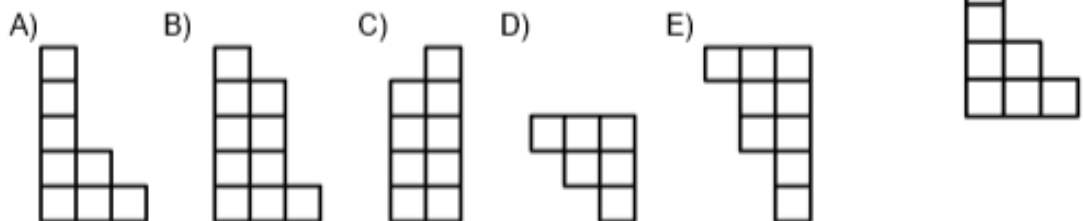
Um Veränderungen erkennen zu können und die Anonymität zu wahren, wird ein sechsstelliger Code erstellt.

	Vorname Mutter: ersten zwei Buchstaben			Geburtstag Mutter: ersten zwei Ziffern			Eigener Geburtstag: ersten zwei Ziffern	
Code								

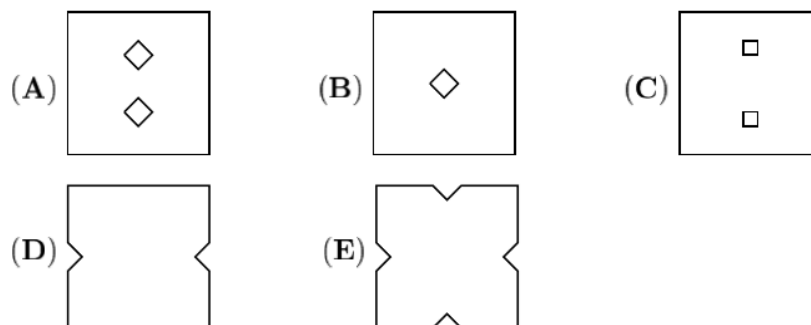
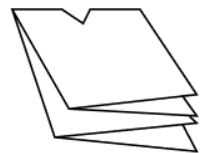
1. Peter legt drei Bausteine wie abgebildet auf den Tisch. Was sieht er, wenn er sie von oben betrachtet?



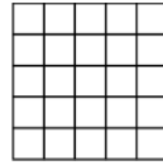
2. Welcher der fünf Teile ergibt zusammen mit dem rechts vorgegebenen Teil ein vollständiges Rechteck?



3. Welches Blatt erhält man, wenn man dieses Blatt Papier auseinander faltet?

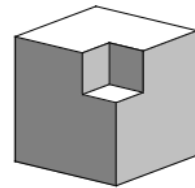


4. Wie viele solche Teile können maximal aus einem 5x5 Quadrat ausgeschnitten werden?



- (A) 3 (B) 4 (C) 5 (D) 6 (E) 7

5. Aus einem 3x3 Würfel wird aus jedem Eck ein 1x1x1 Würfel herausgeschnitten. Das Ergebnis nach dem Entfernen des ersten Würfels sehen wir in der Figur rechts. Aus wie vielen Flächen besteht der verbleibende Körper?



- (A) 16 (B) 20 (C) 24 (D) 30 (E) 36

6. Die Flächen eines Würfels sind entweder weiß, grau oder schwarz. Gegenüberliegende Flächen haben immer verschiedene Farben. Welches der folgenden Netze gehört nicht zu einem solchen Würfel?



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)

ENDE

des 1. Teilbereichs „Geometrieaufgaben“

bitte noch nicht umblättern!

Masterarbeit

„Vital4Brain im Mathematikunterricht“

1. Testung

16. September 2019

7. Schulstufe

Inhalte:

- Geometrieaufgaben: 20 Minuten (inklusive Instruktion)
- Revisions-Test: 20 Minuten (inklusive Instruktion)

Persönlicher Code:

Um Veränderungen erkennen zu können und die Anonymität zu wahren, wird ein sechstelliger Code erstellt.

	Vorname Mutter: ersten zwei Buchstaben			Geburtstag Mutter: ersten zwei Ziffern			Eigener Geburtstag: ersten zwei Ziffern	
Code								

1. Werden die Buchstaben des Wortes MAMA untereinander geschrieben, dann besitzt das Wort eine senkrechte Symmetrieachse.

Für welches der folgenden Wörter gilt dasselbe?

(A) ADAM

(B) BAUM

(C) BOOT

(D) LOGO

(E) TOTO



2. Wie viele Vierecke beliebiger Größen sind in der abgebildeten Figur zu sehen?

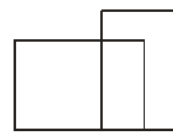
(A) 0

(B) 1

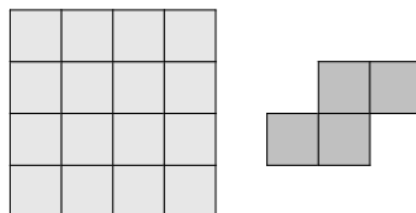
(C) 2

(D) 4

(E) 5



3. Melanie hat ein quadratisches Stück Papier mit eingezeichnetem 4x4 Raster. Sie schneidet entlang der Rasterlinien mehrere Figuren aus, die alle deckungsgleich sind zur abgebildeten Figur oder zu Spiegelungen dieser Figur. Wie viele Quadrate bleiben übrig, wenn man möglichst viele Figuren ausschneidet?



(A) 0

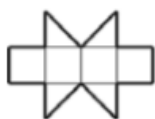
(B) 2

(C) 4

(D) 6

(E) 8

4. Die fünf abgebildeten Figuren sind aus Papier ausgeschnitten worden. Vier davon können zu einem Würfel gefaltet werden. Für welche Figur ist das nicht möglich?



(A) Figur 1



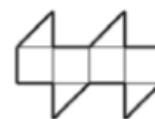
(B) Figur 2



(C) Figur 3



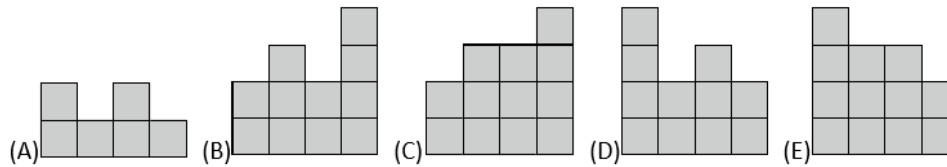
(D) Figur 4



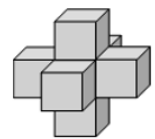
(E) Figur 5

5. Johann stapelt 1x1 Würfel auf den Feldern eines 4x4 Rasters. Die Abbildung rechts gibt an, wie viele Würfel auf jedem der Rasterfelder übereinander gestapelt sind. Was sieht Johann, wenn er von hinten auf die Türme schaut?

HINTEN			
4	2	3	2
3	3	1	2
2	1	3	1
1	2	1	2
VORNE			



6. Sieben identische Spielwürfel (mit jeweils 1, 2, 3, 4, 5 und 6 Punkten auf den Flächen) werden zum recht skizzierten Körper zusammengeklebt. Auf zusammengeklebten Flächen sind jeweils gleich viele Punkte. Wie viele Punkte kann man auf der Oberfläche des Körpers sehen?



- (A) 24 (B) 90 (C) 95 (D) 105 (E) 126

ENDE

des 1. Teilbereichs „Geometrieaufgaben“

bitte noch nicht umblättern!



Masterarbeit

„Vital4Brain im Mathematikunterricht“

2. Testung 24. Oktober 2019

7. Schulstufe

Inhalte:

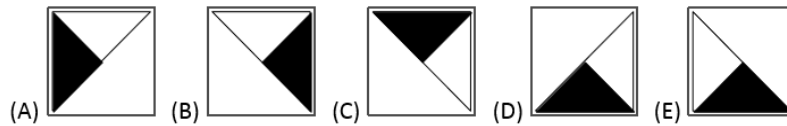
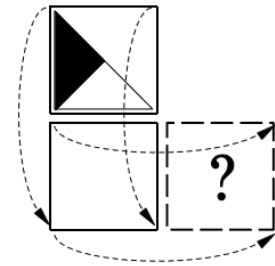
- Geometrieaufgaben: 20 Minuten (inkl. Instruktion)
- Revisions-Test: 20 Minuten (inkl. Instruktion)

Persönlicher Code:

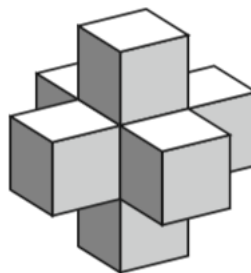
Um Veränderungen erkennen zu können und die Anonymität zu wahren, wird ein sechsstelliger Code erstellt.

	Vorname Mutter: ersten zwei Buchstaben			Geburtstag Mutter: ersten zwei Ziffern			Eigener Geburtstag: ersten zwei Ziffern	
Code								

1. Eine Karte ist auf einer Seite mit einer Figur bedruckt und auf der Rückseite weiß. Die Karte wird zuerst nach unten und dann nach rechts geklappt (siehe Bild).
Welches Bild erhält man?

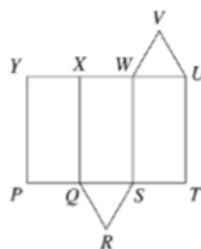


2. Georg baut aus sieben Würfeln, jeder mit Kantenlänge 1, die abgebildete Skulptur.
Wie viele solche Würfel muss er dieser Skulptur noch hinzufügen, um daraus einen großen Würfel mit Kantenlänge 3 zu bauen?



- (A) 12 (B) 14 (C) 16 (D) 18 (E) 20

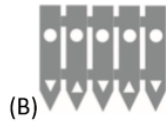
3. Die Figur stellt ein Netz eines dreiseitigen Prismas dar.
Welche Seite der Figur bildet mit der Seite UV eine Kante des Prismas, wenn das Netz zusammengefoldet wird?



- (A) WV (B) XW (C) XY (D) QR (E) RS

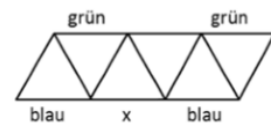
4. Der rechts abgebildete Zaun hat viele Löcher. Eines Morgens fällt der Zaun um und liegt auf dem Boden.

Welches der folgenden Bilder zeigt den umgefallenen Zaun?



5. Jede Dreiecksseite in der Abbildung wird entweder blau, grün oder rot gefärbt. Vier der Strecken sind bereits gefärbt.

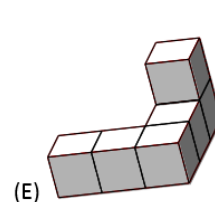
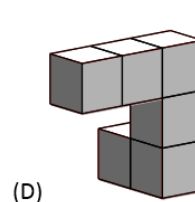
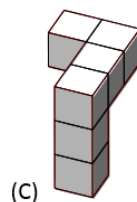
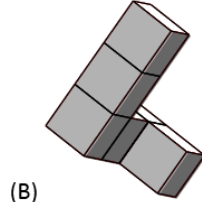
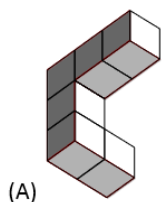
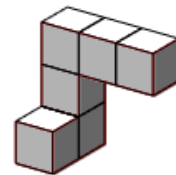
Welche Farben kann die Strecke x haben, wenn jedes Dreieck aus drei verschiedenen gefärbten Seiten bestehen muss?



- (A) nur grün (B) nur rot (C) nur blau (D) entweder rot oder blau
(E) Die Aufgabe ist unlösbar.

6. Anne hat einige Würfel zusammengeklebt und erhält den rechts zu sehenden Körper. Sie dreht ihn, um ihn von verschiedenen Seiten zu betrachten.

Welche Ansicht kann sie nicht erhalten?



ENDE

des 1. Teilbereichs „Geometrieaufgaben“

bitte noch nicht umblättern!



Masterarbeit

„Vital4Brain im Mathematikunterricht“

1. Testung 17. September 2019

11. Schulstufe

Inhalte:

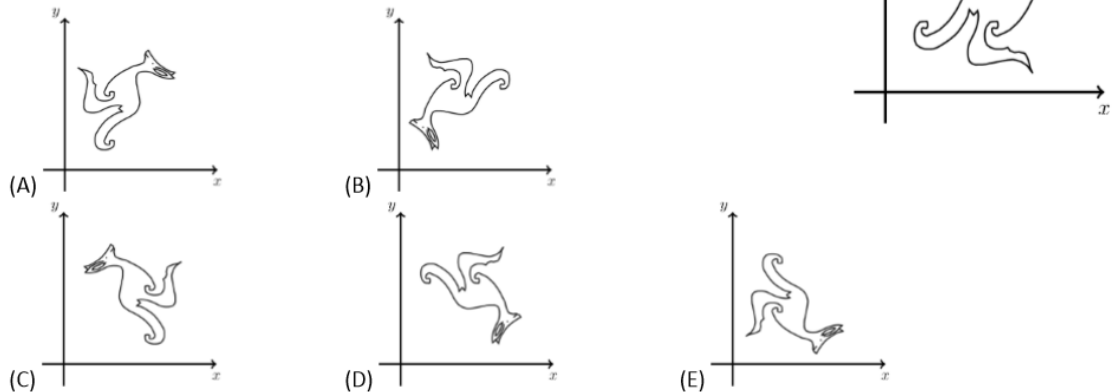
- Geometrieaufgaben: 20 Minuten (inklusive Instruktion)
- Revisions-Test: 20 Minuten (inklusive Instruktion)

Persönlicher Code:

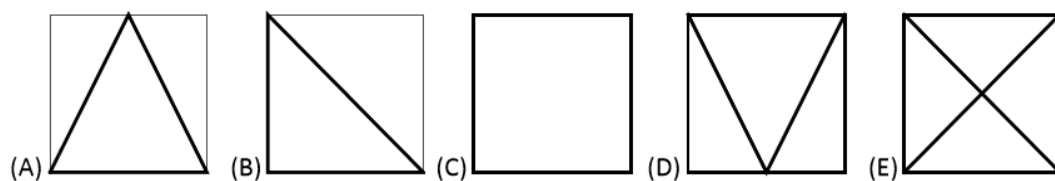
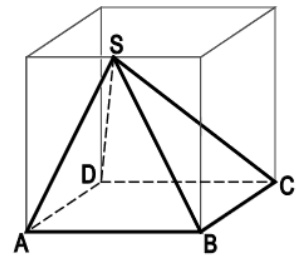
Um Veränderungen erkennen zu können und die Anonymität zu wahren, wird ein sechsstelliger Code erstellt.

	Vorname Mutter: ersten zwei Buchstaben			Geburtstag Mutter: ersten zwei Ziffern			Eigener Geburtstag: ersten zwei Ziffern	
Code								

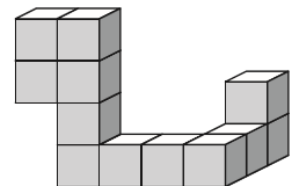
1. Eine Punktmenge ergibt wie abgebildet in der xy -Ebene das Bild eines Kängurus. Für jeden Punkt werden die x - und y -Koordinaten vertauscht. Wie sieht das resultierende Bild aus?



2. Im Inneren des abgebildeten Würfelgitters sieht man eine feste, nicht durchsichtige Pyramide $ABCD S$ mit Basisquadrat $ABCD$, deren Spitze S genau im Mittelpunkt einer Würfelkante liegt. Man betrachtet diese Pyramide von oben, von unten, von vorne, von hinten, von rechts und von links. Welche der folgenden Ansichten kann dabei nicht entstehen?

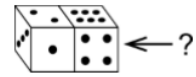


3. In der Zeichnung sehen wir ein Objekt, das aus 12 miteinander verklebten Würfeln besteht. Das Objekt wird in Farbe getaucht, sodass es außen völlig neu gefärbt wird. Wie viele kleine Würfel haben danach genau vier gefärbte Seitenflächen?



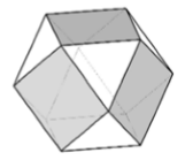
- (A) 8 (B) 9 (C) 10 (D) 11 (E) 12

4. Auf einem Standardwürfel ist die Summe der Punktezahlen auf gegenüberliegenden Flächen immer 7. Zwei identische Standardwürfel sind in der Figur abgebildet. Wie viele Punkte können auf der nicht sichtbaren rechten Seitenfläche (mit „?“ gekennzeichnet) zu finden sein? (4P)



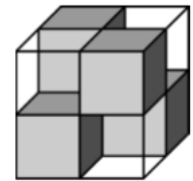
- (A) nur 5 (B) nur 2 (C) entweder 2 oder 5 (D) entweder 1, 2, 3 oder 5
(E) entweder 1, 3 oder 5

5. Jede Seitenfläche des abgebildeten Polyeders ist entweder ein Dreieck oder ein Quadrat. Jedes Quadrat grenzt an 4 Dreiecke und jedes Dreieck grenzt an 3 Quadrate. Das Polyeder hat 6 Quadrate. Wie viele Dreiecke hat es?



- (A) 5 (B) 6 (C) 7 (D) 8 (E) 9

6. In einer Abbildung sehen wir einen 2x2x2 Würfel, der aus vier durchsichtigen 1x1x1 Würfeln und vier nicht durchsichtigen schwarzen Würfeln zusammengesetzt ist. Diese sind so gelegt, dass der gesamte große Würfel nicht durchsichtig ist; man kann weder von vorne nach hinten, von rechts nach links, noch von oben nach unten hindurchsehen. Wie viele schwarze Würfel benötigt man mindestens in einem 3x3x3 Würfel, um ihn auf diese Art undurchsichtig zu machen?



- (A) 6 (B) 9 (C) 10 (D) 12 (E) 18

ENDE

des 1. Teilbereichs „Geometrieaufgaben“

bitte noch nicht umblättern!

Masterarbeit

„Vital4Brain im Mathematikunterricht“

2. Testung 25. Oktober 2019

11. Schulstufe

Inhalte:

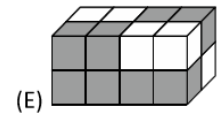
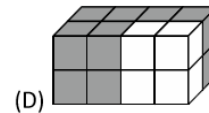
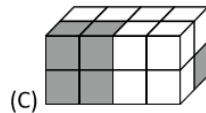
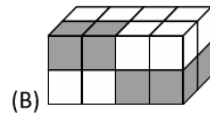
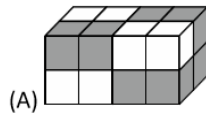
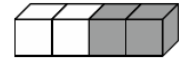
- Geometrieaufgaben: 20 Minuten (inkl. Instruktion)
- Revisions-Test: 20 Minuten (inkl. Instruktion)

Persönlicher Code:

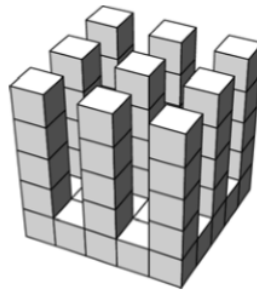
Um Veränderungen erkennen zu können und die Anonymität zu wahren, wird ein sechsstelliger Code erstellt.

	Vorname Mutter: ersten zwei Buchstaben			Geburtstag Mutter: ersten zwei Ziffern			Eigener Geburtstag: ersten zwei Ziffern	
Code								

1. Ein $4 \times 1 \times 1$ Quader ist wie abgebildet aus 2 weißen und 2 grauen Würfeln zusammengesetzt. Welchen der folgenden Quader kann man aus lauter

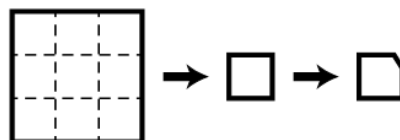


10. Entfernt man von einem $5 \times 5 \times 5$ Würfel einige $1 \times 1 \times 1$ Würfel, so erhält man den abgebildeten Körper. Dieser besteht aus einigen gleich hohen Säulen die auf einer gemeinsamen Grundplatte stehen. Wie viele kleine Würfel werden entfernt?



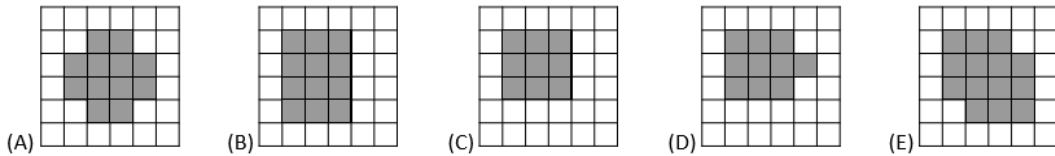
- (A) 56 (B) 60 (C) 64 (D) 68 (E) 80

11. Ein quadratisches Blatt Papier wird längs der strichlierten Linien in irgendeiner Reihenfolge und Richtung gefaltet. Vom resultierenden kleinen Quadrat wird eine Ecke abgeschnitten. Dann wird das Papier wieder entfaltet. Wie viele Löcher sind im Inneren des Blattes?

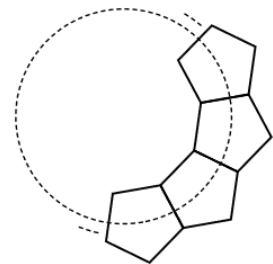


- (A) 0 (B) 1 (C) 2 (D) 4 (E) 9

- 12.** Ein kreisrunder Teppich wird auf einen Boden gelegt, auf dem gleich große quadratische Fliesen verlegt sind. Alle Fliesen, die mindestens einen Punkt mit dem Teppich gemeinsam haben, werden grau gefärbt. Welches der abgebildeten Ergebnisse kann dabei nicht vorkommen?

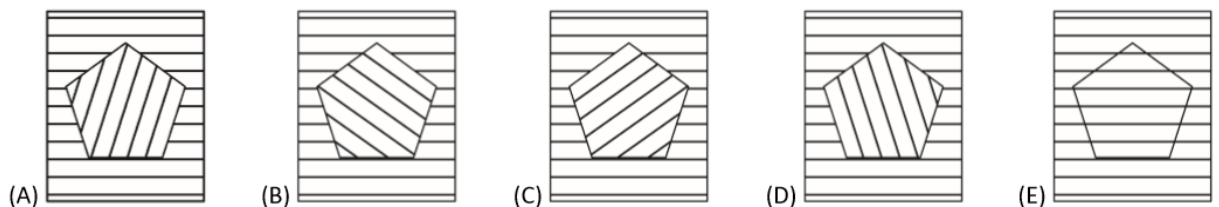
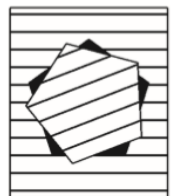


- 13.** Ralf hat lauter gleich große Plastikplättchen in der Form eines regelmäßigen Fünfecks. Er klebt sie längs der Seiten zu einem vollständigen Ring zusammen (siehe Abbildung). Aus wie vielen Plättchen besteht dieser Ring?



(A) 8 (B) 9 (C) 10 (D) 12 (E) 15

- 14.** Aus einem linierten Blatt Papier wird ein regelmäßiges Fünfeck ausgeschnitten. In jedem Schritt wird dann das Fünfeck um seinen Mittelpunkt gegen den Uhrzeigersinn um 21° gedreht. Das Ergebnis nach dem ersten Schritt ist in der Abbildung zu sehen. Welches der Bilder zeigt die Situation, in der das Fünfeck zum ersten Mal das Loch wieder vollständig füllt?



ENDE

des 1. Teilbereichs „Geometrieaufgaben“

bitte noch nicht umblättern!

Probeaufgaben:

$$\begin{array}{l} 3 \\ 6 \\ \hline 9 \end{array} \checkmark \quad \begin{array}{l} 7 \\ 1 \\ \hline 8 \end{array} \checkmark \quad \begin{array}{l} 3 \\ 4 \\ \hline 6 \end{array} \quad \begin{array}{l} 5 \\ 2 \\ \hline 7 \end{array} \checkmark$$

$\frac{2}{1}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{4}{9}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{6}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{6}$
$\frac{2}{2}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{1}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{6}{1}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{7}{1}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{8}{1}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{7}{2}$

Revisions-Test

verfügbare Zeit: 20 Minuten

[illegible]