

NINA VOIT, STEFAN GÖTZ

Vital4Brain im Mathematikunterricht

Eine Untersuchung der Wirkung des Programms Vital4Brain auf die mathematischen und kognitiven Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern

Abstract

Over the past years, due to meaningful advances in brain research, a new understanding of learning has developed. Learning processes can now be explained neurobiologically. Due to imaging methods amongst others, it is possible to follow the structural changes in the brain during a learning process. Therefore, learning can be explained and understood in a new way: "Neurodidactics" (Friedrich, 2005, p. 240) combines didactics and neuroscience.

Learning is a complex process and it is closely related to the issues of attention and concentration. A certain attention span and level of concentration form the basis for successful learning. Nowadays there are many deficiencies in this regard among pupils, which can be explained by the way of life over the past decades and the changed living conditions (Heil, 2017, p. 4ff.).

Mathematics is known as a discipline in which a high degree of concentration is required. In order to counteract the deficiency in concentration and to support students in effective learning, the Vital4Brain exercise program was developed (Schwarz, 2012, p. 6). The program consists of coordinatively challenging exercises that can be used during the lessons to improve the ability to learn, think and concentrate. The effect of movement on cognitive abilities and learning has already been proven in numerous studies and is at least partially explained in neurodidactics (Walk, 2011).

Vital4Brain is designed for pupils of all Austrian school types and levels and can be implemented in the classroom in every lesson. The exercises can be instructed by the teachers, trained peer coaches or teacher coaches or they can be played back via beamer from the homepage www.simplystrong.at. All exercises can be practiced in everyday clothing.

In an empirical survey of a total of 176 pupils in the 5th, 7th and 11th grade of a grammar school (high school), the research question was investigated whether their ability to concentrate can be trained with the Vital4Brain exercise program and thereby improve their mathematical and cognitive performance. The Vital4Brain interventions that took place three times per week during a six-week intervention phase show (significant) increases in performance both in geometric tasks in the plane and for spatial imagination and in math-specific speed work. For this purpose, pre- and post-tests were carried out on intervention and control groups (Voit, 2020).

Key words

Neurodidactics, concentration and attention, cognition in math classes, Vital4Brain, SIMPLY STRONG

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. Plake bezeichnet die Schule als „Mittel zur Erreichung von Zielen“ (Plake, 2010, S. 45). Um diese Ziele erreichen zu können, bedarf es einiger kognitiver Voraussetzungen. Dazu gehören 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 (Vogel, 2008).

Wesentliche Änderungen des alltäglichen Lebens in den letzten Jahrzehnten haben weitreichende Konsequenzen für die Konzentrations- und Aufmerksamkeitsleistungen der Menschen mit sich gebracht (Heil, 2017). Aufmerksamkeits- und Konzentrationsprobleme sind in der Schule allgegenwärtig und stellen ein großes Problem dar (Ellinger, Walther & Dietrich, 2010).

Um dieser Entwicklung der letzten Jahre entgegenzuwirken und ein effizientes Lernen zu ermöglichen, wurde das Bewegungsprogramm *Vital4Brain* entwickelt. In zahlreichen Studien ist ein positiver Zusammenhang zwischen körperlichen Aktivitäten und kognitiven Leistungen, insbesondere der Konzentrationsfähigkeit, nachgewiesen worden (z. B. Hajar, Rizal & Kuan, 2019; siehe Abschnitt 3.5.). Für das vorliegende Programm *Vital4Brain* soll ein analoger Zusammenhang in Bezug auf Rechenfähigkeiten und das räumliche und „ebene“ Vorstellungsvermögen geprüft werden. Dazu wurden in drei verschiedenen Schulstufen eines Gymnasiums entsprechende Tests durchgeführt. Es konnten Verbesserungen in beiden Bereichen in einem Prä-Post-Test-Design mit Interventions- und Kontrollgruppen aufgezeigt werden.

2. Konzentrations- und Aufmerksamkeitsfähigkeit: Die Voraussetzung für effektives 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. Damit Schülerinnen und Schüler zu erlernende Stundeninhalte aufnehmen und kurz- oder längerfristig abspeichern können, sind eine ausdauernde Konzentrationsfähigkeit und eine günstige Aufmerksamkeitsspanne notwendig. Durch das Fehlen dieser Fähigkeiten wird Lernen schlichtweg unmöglich.

2.1. Mängel in der Schule

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

Die digitalen Medien beeinflussten das Freizeitverhalten der Kinder und Jugendlichen in den vergangenen 15 Jahren in verstärktem Ausmaß. Während 1999 das Fernsehen der Spitzenreiter der am meisten verwendeten Medien der 12- bis 19-Jährigen war, wurde es im Jahre 2014 von der Internetnutzung und dem Handy abgelöst (Schaumburg, 2015, S. 7). 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. 7ff.; Spitzer, 2012, S. 14ff.). Eine Relativierung der (negativen) Auswirkungen der Verwendung digitaler Medien findet sich in Appel und Schreiner (2014). Es gibt Studien, die belegen, dass das Spielen von Computergames zu einer Verbesserung der Aufmerksamkeit führt (Bediou, Adams, Mayer, Tipton, Green & Bavelier, 2018).

Fehlende Konzentrations- und Aufmerksamkeitsfähigkeiten sind bei Schülerinnen und Schülern verbreitet und ausschlaggebend für schlechte Leistungen (Stubenrauch, Krinzinger & Konrad, 2014). Auch laut Lindner, Beer, Gabriel und Krobath (2016) sind Aufmerksamkeits- und Konzentrationsmängel in der Schule allgegenwärtig und problematisch. Deren Studie zeigt, dass die Schul- und Lernleistungen deutlich vom Konzentrations- und Aufmerksamkeitszustand der Schülerinnen und Schüler abhängen (Lindner et al., 2016, S. 246ff.). Weitere Hinweise auf Probleme der Aufmerksamkeit und Konzentration im Unterricht finden sich in der Einleitung von McGraw (2007).

2.2. Mängel im Mathematikunterricht

Mathematik ist ein Fach, welches ein enormes Maß an Aufmerksamkeit und Konzentration erfordert, um die Lerninhalte zu verstehen und anwenden zu können. Das Konzept der standardisierten Reifeprüfung weist diesbezüglich 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)

Aber nicht nur für das Lernen ist eine gute Konzentration erforderlich, sondern nach Marschner (2007) auch für die „Bewältigung der gesellschaftlichen Anforderungen“ (Marschner, 2007, S. 7), welche spezifisch durch die Mathematik gelehrt wird. Um das Leben erfolgreich zu meistern, ist es unumgänglich Probleme erkennen zu können, dementsprechende Problemlösestrategien zu erschließen und die Resultate zu hinterfragen. Hierfür sind „Genauigkeit, konzentriertes Arbeiten, Aufmerksamkeit und Ausdauer“ (Marschner, 2007, S. 7) gefragt, um sich eine mathematisch-naturwissenschaftliche Denkweise anzueignen und Probleme auf diese Art lösen zu können. Alle Anforderungen der Mathematik, wie beispielsweise „produktive geistige Arbeit, kritisches Denken und Erkennen von Strukturen und Ordnungsprinzipien“ (Marschner, 2007, S. 7) fordern auch ein besonderes Maß an Konzentration, sodass dieses im Mathematikunterricht unumgänglich ist (Marschner, 2007, S. 7).

Schulz (1995) nennt die Konzentrationsfähigkeit als Grundvoraussetzung für das kognitive Lernen in Zusammenhang mit mathematischen Inhalten. Weiters bezeichnet sie den Mathematikunterricht vor allem in der Grundschule als

besonders konzentrationsintensiv und erwähnt, dass darauf bezogene Schwächen zu Lernschwierigkeiten führen können (Schulz, 1995, S. 42). In einer anderen Untersuchung wurde dazu festgestellt:

„Bei einer dritten Gruppe, die eine isolierte Schwäche im rechnerischen Bereich zeigte, konnte eine besondere Schwäche im Bereich der Aufmerksamkeit festgestellt werden [...]“ (Schwenck & Schneider, 2003, Abstract)

Tatsächlich werden Mängel an diesen Fähigkeiten auch in anderen Studien konstatiert (Marschner, 2007; Gerster, 2012, S. 69; Schulz, 1995, S. 42). In Bezug auf Rechenschwäche werden ebenfalls Schwierigkeiten bei der Konzentrationsfähigkeit als möglicher Begleitzustand genannt (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung, 2018, S. 43). Konkret zeigt ein Projekt der ARGE-Mathematik zum Thema Konzentration im Mathematikunterricht folgende Problematik auf:

„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 Konsequenzen, 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. Lehrpersonen klagen vermehrt über Unzufriedenheit bezüglich der Konzentrationsfähigkeiten und Aufmerksamkeitsspanne der Schülerinnen und Schüler und über das immer stärkere Abnehmen der Schulleistungen. Die Lösung dieser Problematiken soll durch die Durchführung von „gezielten Übungen zur Steigerung der Konzentration“ (Marschner, 2007, S. 5) erreicht werden. Es werden kurze Unterrichtssequenzen angestrebt, welche eine Konzentrationssteigerung zur Folge haben. Dies soll im Mathematikunterricht ein effektives und effizientes Lernen ermöglichen (Marschner, 2007, S. 5f.).

Das Auftreten von Aufmerksamkeits- und Konzentrationsschwierigkeiten im Mathematikunterricht wird ebenso von Partisch (2010) behandelt. Sie weist weiters auf die Trainierbarkeit dieser Fähigkeiten bei Schülerinnen und Schülern und die Wirksamkeit ihres konzentrationsfördernden Trainingsprogramms hin (Partisch, 2010). Auch Lörincz-Markl (1985) äußert sich in dieser Weise.

3. Neurodidaktik – Wie Lernen, Gehirnaktivitäten und Bewegung zusammenhängen

3.1. Zum Begriff „Neurodidaktik“

Die Neurodidaktik wurde 1988 von Preiß als eine „neue wissenschaftliche Disziplin“ (Preiß, 2019, S. 2) eingeführt, „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):

„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. [...] 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)

Friedrich bezeichnet die Hirnforschung in den Anfangsjahren des 21. Jahrhunderts als eine der „expansivsten Wissenschaften“ (Friedrich, 2005, S. 8). Dies bewirkt ein Umdenken bezüglich der Lernvorgänge und deren Hintergründe. Es entsteht ein Interesse an einem „neurobiologisch fundierten Beitrag zum Verständnis menschlicher Lernprozesse [...], der eine Brückenfunktion zwischen Didaktik und Hirnforschung einzunehmen vermag“ (Friedrich, 2005, S. 8). 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).

3.2. Der technische Fortschritt und die Neurodidaktik

Früher war man der Ansicht, dass geistige Tätigkeiten keinerlei Auswirkungen auf das Gehirn und dessen Beschaffenheit haben. Heute ist man durch die Möglichkeiten moderner Technologien vom Gegenteil überzeugt. Einige Jahre zuvor war der Forschung die Untersuchung des gesamten Gehirns aufgrund fehlender Hilfsmittel, Techniken und Auswertungsverfahren noch unmöglich (Spitzer, 2012, S. 37). Nun ist es möglich, Einsichten in die Gehirnstrukturen und deren Funktionsweisen zu erhalten. Es wurden bildgebende Verfahren entwickelt, welche die Strukturen im Gehirn genauestens sichtbar machen (Stubenrauch et al., 2014).

Durch diese modernen Möglichkeiten konnten neue Kenntnisse in Bereichen der Neurowissenschaften, speziell die Informationsverarbeitung im Gehirn betreffend, erlangt werden (Raichle, 2009). Dies löste ein erhöhtes Interesse an der Erforschung des Zusammenhangs zwischen Lernen und neurowissenschaftlichen Grundlagen aus. Zudem seien Ergebnisse von Schulleistungsvergleichsstudien, wie die der PISA-Studie, ausschlaggebend für den Wunsch einer intensiveren Beforschung dieser Thematiken (Stubenrauch et al., 2014, S. 254).

Daher fokussieren die durch den Fortschritt in den letzten 20 Jahren entstandenen Methoden laut Schachl (2016) auf die Verbindung zwischen der Hirnforschung und dem Lernen. 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). 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).

3.3. Ein verändertes Lernverständnis als Basis der Neurodidaktik

Die Neurodidaktik basiert also auf einem veränderten Verständnis des Begriffs „Lernen“, welches sich aufgrund des technischen Fortschritts im letzten Jahrhundert entwickelt hat (Abschnitte 3.1. und 3.2.). 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. 212f.).



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 unter Bezugnahme auf die Vorgänge in den Gehirnstrukturen vertiefen und verdeutlicht damit 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).

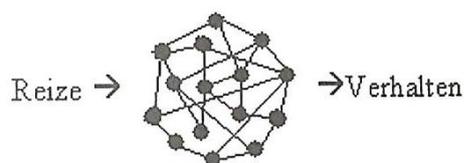


Abb. 2: Veranschaulichung der Komplexität des Lernbegriffs (Friedrich, 2005, S. 213)

Friedrich versucht in seiner Arbeit das Verständnis des Lernens und dessen Prozesse neurobiologisch aufzubereiten und zu erklären. Den komplexen Vorgang

des Lernprozesses und dessen Einflüsse veranschaulicht er mithilfe von Abb. 3 (Friedrich, 2005, S. 239).

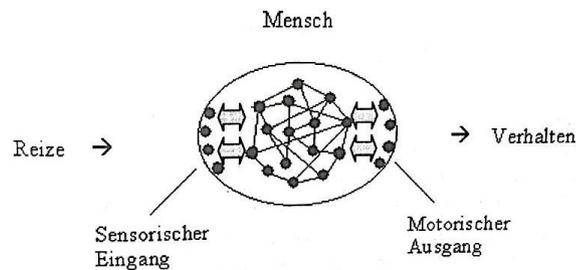


Abb. 3: Modell des Lernens nach Friedrich (2005, S. 239)

Die Umweltbedingungen sind in Abb. 3 außerhalb der Ellipse dargestellt, 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 in Abschnitt 3.4.

3.4. 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 bezogen auf das Volumen des Hippocampus, welcher für die Orientierung verantwortlich ist, wurden sichtbar 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 aus der 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 er bezeichnet es als „das dynamischste Organ in unserem Körper“ (Spitzer, 2012, S. 37).

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. 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 zu anderen Nervenzellen oder Muskeln (Jensen, 2005; Friedrich, 2005; Schachl, 2016).

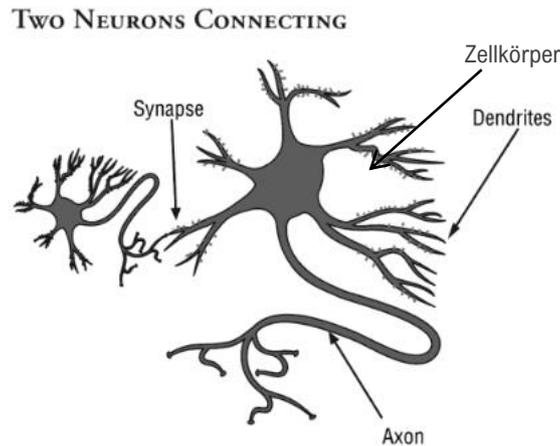


Abb. 4: Zwei verbundene Nervenzellen (Jensen, 2005, S. 17)¹

Die Kontaktstelle von zwei verbundenen Zellen nennt man Synapse, von denen ein Mensch etwa 100 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. 8ff.; Friedrich, 2005, S. 239ff.; 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. Durch die dauerhafte Kommunikation zwischen den Nervenzellen können Fehler erkannt und korrigiert werden. Tritt bei der Informationsübertragung ein Fehler auf, wird darauf reagiert und daraus gelernt. Nervenzellen können nämlich ihre Empfänglichkeiten 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. 17f.).

„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 Veränderungen 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: „what fires together, wires together“ (Hebb'sches Prinzip: Ramming, 2019, S. 148; weiters Jensen, 2005, S. 8ff.; Schachl, 2016, S. 10).

¹ From: Teaching with the Brain in Mind. 2nd Edition, Eric Jensen. ©2005 by ASCD. Reprinted with permission. All rights reserved.

Das Gehirn eines erwachsenen Menschen enthält ungefähr 86 Milliarden Nervenzellen (Azevedo, Carvalho, Grinberg, Farfel, Ferretti, Leite, Jacob Filho, Lent & Herculano-Houzel, 2009). Es entwickelt sich fortlaufend, wobei es während der Entwicklung zur Zunahme, aber auch zu Abnahme von grauer und weißer Substanz (Gewebeanteile des zentralen Nervensystems) kommt (Gogtay, Giedd, Lusk, Hayashi, Greenstein, Vaituzis, Nugent, Herman, Clasen, Toga, Rapoport & Thompson, 2004).

3.5. Das Zusammenspiel von Bewegung und Neurodidaktik

Um ein ganzheitliches Lernen zu gewährleisten, werden in der Neurodidaktik vier Bausteine genannt:

- Wahrnehmung und Sprache
- Aufmerksamkeit, Motivation und Emotion
- Vernetzung, Stützen für das Gedächtnis
- Bewegung (Preiß & Preiß, 2014, S. 2)

Demnach ist Bewegung ein wesentlicher Bestandteil eines effektiven Lernprozesses und keinesfalls zu vernachlässigen. Eine umfangreiche Metaanalyse von 44 Studien im Jahr 2003 stellt bereits positive Auswirkungen von körperlichen Aktivitäten auf die Kognitionsleistungen von Kindern zwischen vier und 18 Jahren fest. Diese Annahme wurde in acht unterschiedlichen Kategorien untersucht, mitunter einem Mathematiktest, welcher den positiven Zusammenhang bestätigte (Sibley & Etnier, 2003).

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. Andere Studien ergeben vorteilhafte 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 können, 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 Fitnessstraining 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).

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

Neurobildgebende Techniken zeigen, dass Bewegungsübungen die Gehirnstrukturen und Funktionen verändern (Hillman et al., 2008). Zuerst erkannten Forscher/innen, 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 Hippocampus möglich ist. Der Hippocampus ist für Lernprozesse und Gedächtnisprozesse zuständig und essentiell für die Speicherung von Fakten und Erfahrungen (vgl. Abschnitt 3.4.). Ohne diese Hirnstruktur würden alle eintreffenden Informationen sofort vergessen werden. Lange war man davon überzeugt, dass verlorene Nervenzellen nicht wiederherstellbar und der Verlust von Nervenzellen irreversibel sei. Eriksson, Perfilieva, Björk-Eriksson, Alborn, Nordborg, Peterson & Gage (1998) konnten im Zuge ihrer 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 ein wesentlicher Grund, warum Bewegung eine positive Wirkung auf den Lernprozess hat. Neben der Veränderung der Gehirnstrukturen (Abschnitt 3.4.) und dem Einfluss von Bewegung auf die Durchblutung und den Stoffwechsel des Gehirns, bewirkt diese 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 den Nervenzellen und die Übertragung von Signalen und Informationen verantwortlich sind, was zu einer verbesserten Gehirnleistung führt (Abschnitt 3.4.). Diese Fakten bestätigen nochmals die Wichtigkeit von regelmäßiger physischer Bewegung in Bezug auf kognitive Prozesse und damit verbundene Leistungen (Walk, 2011, S. 27f.).

Laut Walk (2011) fördern Bewegung und Sport außerdem die exekutiven Funktionen, welche in einem guten Zustand „die Basis für erfolgreiches Lernen“ (Walk, 2011, S. 28f.) darstellen. Diese ermöglichen die Steuerung und Regulation des Denkens und Verhaltens, beeinflussen Entscheidungsprozesse und haben eine bedeutsame Wirkung auf die selektive Aufmerksamkeit, auf Problemlösefähigkeiten und auf 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. 28f.).

Walk (2011) weist weiters 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 haben, von dem sowohl die Lernleistung von Schülerinnen und Schülern als auch die kognitive Leistungsfähigkeit im Erwachsenenalter abhängen (Walk, 2011, S. 29). Auch Hillman et al. (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 et al., 2008, S. 59). Im frühen Kindesalter funktionieren 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). Sobald ein Lernprozess ausgelöst wird, kommt es zu Veränderungen von Nervenzellen, wie neuen Verknüpfungen (Abschnitt 3.4.; Zatorre, Fields & Johansen-Berg, 2012). Durch Bewegung und Sport werden genauso wie beim Lernen Nervenzellen (Synapsen, Myelin, ...) gebildet (soeben) und miteinander verknüpft (Zatorre et al., 2012). 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. 70ff.).

Heutzutage ist es aufgrund unserer veränderten Lebensweise und Alltagsgestaltung (Einleitung und Abschnitt 2.1.) 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 und Hagermann (2008, S. 10) und setzen sich zum Ziel, eine verständliche Verbindung herzustellen und zu verdeutlichen, wie stark diese beiden Thematiken zusammenhängen. Körperliche Bewegung stärkt laut Ratey und Hagermann (2008) nicht nur die Bausteine des Lebens, sondern beeinflusst auch psychische Dispositionen, wie Ängste, Konzentrationsfähigkeit, und kann Stress entgegenwirken (Ratey & Hagermann, 2008, S. 11).

Besonders Bewegungsübungen eignen sich für das Steigern der Konzentrations- und Lernfähigkeit aufgrund des vorherrschenden Zusammenhangs zwischen Bewegung, Aufmerksamkeit und Lernen (Allgemein: Beer, Nikl & Schwarz, 2012; Kubesch, Walk, Spitzer, Kammer, Lainburg, Heim & Hille, 2009; auch für Mathematik: Gerster, 2012; Partisch, 2010; Preiß & Preiß, 2014; Marschner, 2007; De Greeff, Bosker, Oosterlaan, Visscher & Hartman, 2018).

Von dieser Einsicht macht das im folgenden Abschnitt beschriebene Bewegungsprogramm *Vital4Brain* Gebrauch.

4. Das Bewegungsprogramm *Vital4Brain*

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 (Abschnitt 2.). Dessen sowie der weiteren Folgen, wie Stress oder schlechte Noten, ist sich der Schulverein bewusst. Unter dem Motto „Einfach viel erreichen“ möchte er diesen negativen Auswirkungen etwas entgegenhalten und hat für diesen Zweck die Programme *Vital4Brain*, *Vital4Heart* und *Vital4Body* entwickelt, welche die Schülerinnen und Schüler in ihrem täglichen Schulalltag unterstützen sollen.³

4.1. Vorstellung des Programms

Vital4Brain ist ein Programm bestehend aus koordinativ herausfordernden Bewegungsaufgaben, deren Ausübung die Neubildung und Verknüpfung von Nervenzellen veranlasst, was zu einer verbesserten Merk-, Denk- und Konzentrationsfähigkeit führt (Abschnitt 3.5.; Schwarz, 2012). Dadurch soll die Lernbereitschaft der Schülerinnen und Schüler gesteigert werden. Es kann situationsbedingt während der Unterrichtsstunde und direkt im Klassenzimmer eingesetzt werden, um sie für eine kurze Zeit mit Bewegung zu unterbrechen. Dieser Unterrichtsstopp hat nachgewiesenermaßen eine Verbesserung der Merk- und Konzentrationsfähigkeit zur Folge, sodass die Schülerinnen und Schüler im weiteren Verlauf der Unterrichtsstunde konzentrierter, aufmerksamer und aufnahmefähiger sind (Beer et al., 2012). 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).

4.2. Umsetzung in der Schule

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

Das Programm ist im Klassenraum mit Alltagsbekleidung in jeder Stunde umsetzbar. Es kann entweder direkt von der unterrichtenden Lehrperson eingebracht 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. Hierzu 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 vom Schulverein SIMPLY STRONG österreichweit kostenlos angeboten. Eine dritte Möglichkeit wäre der Einsatz der vom Schulverein entwickelten und online zur Verfügung gestellten

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

Materialien, wie das Abspielen einer fertigen Einheit von der Homepage über einen Beamer oder das Verwenden des online erhältlichen Kartensets (Schwarz, 2012, S. 16).

4.3. 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.

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). Beispiele für Aktivierungsübungen sind in Abbildung 5 und 6 zu sehen.



Abb. 5: A19 Sitz.Faust



Abb. 6: A20 Sitz.Boxen

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

In den Abbildungen 7 bis 12 sind Übungen zu sehen, bei denen die kognitiven Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler in Form von Rechenaufgaben sowie die exakte Koordination und Zusammenarbeit von Gehirn und Körper gefragt sind. Ziel dieser Übungen ist es, richtige Bewegungsantworten auf die mathematischen Aufgabenstellungen zu geben. Diese Übungsvariante stellt für beide Partner eine Herausforderung dar. Während eine Person rechnet und im optimalen Fall die richtigen Antworten anhand von Bewegungsformen darstellt, muss die andere jederzeit mitdenken und die Antworten kontrollieren.



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



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



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

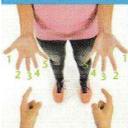


Abb. 9: K57 Finger.Merk



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 **UNIQA**

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 klappert, werden die Rechenoperationen abgewechselt.

© 2015 Schulverein Vital4Brain

Abb. 11: K59 Orgelspielen

Vital4Brain in Partnerschaft mit **UNIQA**

Finger.Memory

K60: Ergänzungen 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 Ergänzungen auf „5“

Der Überleitungsteil „Relaxix“ schließlich dient der Entspannung und Vorbereitung auf die anschließende Unterrichtseinheit. Er beinhaltet beruhigende Übungen, welche die Kinder auf ein für das Lernen optimales Aktivierungsniveau bringen sollen, und bildet somit den Abschluss einer Einheit (Schwarz & Nikl, 2012, S. 12). Zwei Relaxixübungen werden in Abbildung 13 und 14 veranschaulicht.

Vital4Brain in Partnerschaft mit **UNIQA**

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 **UNIQA**

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

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

5. Die Wirkung von *Vital4Brain* auf die mathematischen und kognitiven Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern

5.1. Untersuchungsdesign

5.1.1. Fragestellung

In dieser Arbeit soll die Wirkung des Bewegungsprogramms *Vital4Brain* auf die mathematischen und kognitiven Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern der 5., 7. und 11. Schulstufe empirisch untersucht werden. Zur Überprüfung wurden zwei Hypothesen formuliert:

H1: Die regelmäßige Durchführung des Programms *Vital4Brain* während eines sechswöchigen Interventionszeitraums führt zu verbesserten Ergebnissen bei Aufgaben, welche ein zwei- und dreidimensionales Vorstellungsvermögen fordern.

H2: Die regelmäßige Durchführung von *Vital4Brain*-Einheiten bringt eine Verbesserung der Konzentrationsleistung bei geistiger mathematikspezifischer Tempoarbeit mit sich.

5.1.2. Stichprobe

Insgesamt nahmen an der Studie 176 Schülerinnen und Schüler aus insgesamt neun Klassen eines Gymnasiums teil: je drei Klassen einer 5., einer 7. und einer 11. Schulstufe. Die einzelnen Klassen wurden von unterschiedlichen Lehrpersonen im Fach Mathematik unterrichtet. Das Alter und Geschlecht der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler wurde nicht berücksichtigt. Um die Wirkung von *Vital4Brain* zu prüfen, wurden Interventions- und Kontrollgruppen für jede Schulstufe eingerichtet. In der 5. Schulstufe nahmen 71 Schülerinnen und Schüler an beiden Testungen teil, wobei 48 Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe zugehörig waren und 23 der Kontrollgruppe. In der 7. Schulstufe nahmen insgesamt 56 Schülerinnen und Schüler an beiden Testungen teil, wobei 35 Schülerinnen und Schüler in der Interventionsgruppe und 21 Schülerinnen und Schüler in der Kontrollgruppe waren. In der 11. Schulstufe beteiligten sich insgesamt 49 Schülerinnen und Schüler an beiden Testungen, davon stammten 31 aus der Interventionsgruppe und 18 aus der Kontrollgruppe. Schülerinnen und Schüler aus je zwei Klassen einer Schulstufe bildeten die jeweilige Interventionsgruppe, die Schülerinnen und Schüler aus der verbleibenden Klasse derselben Schulstufe bilden die Kontrollgruppe. Diese Zuordnung geschah zufällig. Insgesamt handelt es sich also um ein quasi-experimentelles Design der Studie.

5.1.3. Parallelisierung und Testungen

In dieser Untersuchung sollen Veränderungen der Konzentrationsleistung der Schülerinnen und Schüler während eines festgelegten Interventionszeitraums festgestellt werden. Um diese erkennbar zu machen, sind zwei vergleichbare Testungen zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten notwendig. Die Daten dieser Untersuchung wurden mittels eines Testbogens erhoben, welcher aus zwei inhaltlich und formal unterschiedlichen Teilbereichen besteht. Der erste beinhaltet *geometrische Aufgabenstellungen im zwei- und dreidimensionalen Raum*, welche aus dem Aufgabenpool des altersadäquaten Känguru-Wettbewerbs⁴ entnommen wurden. Die Schülerinnen und Schüler hatten für das Lösen dieser Aufgaben 15 Minuten Zeit. Eine dieser Aufgabenstellungen wird in Abbildung 15 dargestellt. Um diese Aufgabe zu lösen, muss der abgebildete Körper im Geiste gedreht und es müssen die im Kopf entstehenden Bilder mit den fünf Lösungsmöglichkeiten abgeglichen werden. Das richtige Drehen und das geistige Beibehalten der ursprünglichen Form des Körpers erfordert ein hohes Maß an Konzentration.

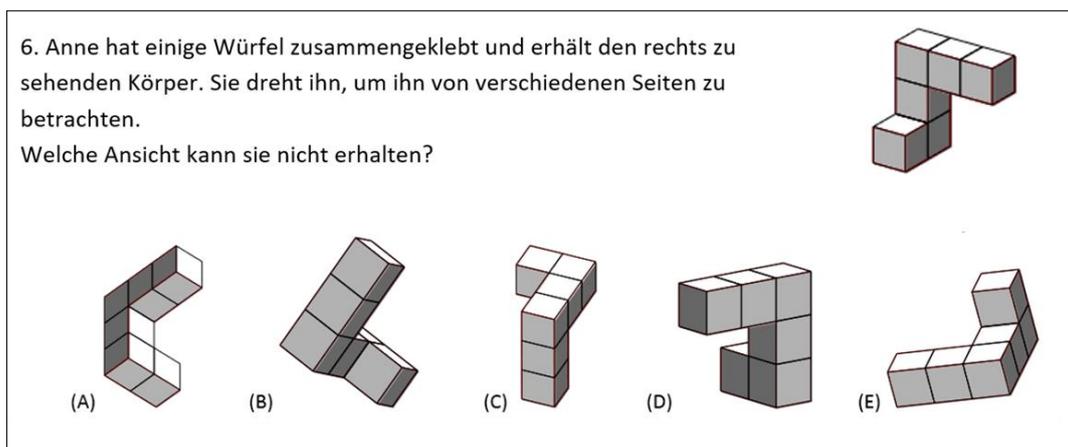


Abb. 15: Aufgabe des Geometrietests (www.kaenguru.at, 2017)

Das räumliche Vorstellungsvermögen wird in vielen Intelligenzmodellen als ein Faktor genannt (Thurstone, 1938) und spielt im Geometrieunterricht eine entscheidende Rolle (Weigand, Filler, Hölzl, Kuntze, Ludwig, Roth, Schmidt-Thieme & Wittmann, 2018, Abschnitt 6.5). Fünf wesentliche Komponenten konnten dazu identifiziert werden (Maier, 1999; vgl. Weigand et al., 2018, S. 138):

1. Räumliche Wahrnehmung bedeutet, Senkrechte und Waagrechte erkennen zu können.
2. Veranschaulichung meint eine gedankliche Veränderung von räumlichen Objekt(teil)en wie zum Beispiel Verschieben oder Falten.
3. Mentale Rotation heißt das Vermögen, sich Rotationen von zwei- oder dreidimensionalen Objekten vorstellen zu können.
4. Räumliche Beziehungen meinen räumliche Konfigurationen von mehreren Objekt(teil)en.
5. Räumliche Orientierung bezeichnet die Fähigkeit, verschiedene Perspektiven zu einer räumlichen Anordnung von Objekten einnehmen zu können.

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

Mit dieser Beschreibung ist es nachvollziehbar, dass Aufgaben zum räumlichen Vorstellungsvermögen ein hohes Maß an Konzentration erfordern:

„Räumliches Vorstellungsvermögen, d.h. die Fähigkeit, räumliche Zusammenhänge visuell zu erfassen und mit ihnen gedanklich agieren zu können, ist im Mathematik-, insbesondere im Geometrieunterricht, und natürlich auch im Alltag wichtig und muss erlernt, trainiert und gefestigt werden“. (Schöneburg, 2016, S. 876)

Die visuell-räumliche Verarbeitung wird durch spezialisierte Systeme des Arbeitsgedächtnisses gesteuert (Castro-Alonso & Atit, 2019). Defizite bei der Performance des Arbeitsgedächtnisses können unter anderem mit Konzentrationschwierigkeiten in Beziehung stehen. Andererseits: „The results showed that good spatial working memory performance was associated with academic success at school.“ (Aronen, Vuontela, Steenari, Salmi & Carlson, 2005, S. 33). In diese Kerbe schlagen auch Fanari, Meloni & Massidda (2019) bezogen auf (frühe) mathematische Fähigkeiten. Einen weiteren indirekten Hinweis auf den Zusammenhang zwischen Konzentrationsfähigkeit und dem räumlichen Vorstellungsvermögen geben Hawes & Ansari (2020), die mögliche Verknüpfungen zwischen räumlichem Vorstellungsvermögen und mathematischen Fähigkeiten untersuchen (vgl. Abschnitt 2.2.).

Im Unterricht hat sich dazu das Konzept der „Kopfgeometrie“ etabliert (Weigand et al., 2018, Abschnitt 6.5.2). Beim Lösen von kopfgeometrischen Aufgaben werden neben der Raumvorstellung zugleich Merk- und Konzentrationsfähigkeit trainiert (Brandl, 2011):

„Die Kinder sollen angeregt werden, mit Vorstellungen aktiv zu operieren, d. h. diese umzuordnen, abzuwandeln und zu neuen Bildern zusammenzufügen.“ (Senftleben, 1996, S. 54)

Der zweite Teilbereich besteht aus dem *Revisionstest*, beschrieben durch den Titelzusatz als „allgemeiner Leistungstest zur Untersuchung anhaltender Konzentration bei geistiger Tempoarbeit“ (Marschner, 1972, S. 1). Abbildung 16 zeigt einen Ausschnitt des Testbogens des Revisionstests. Dieser besteht aus 15 Zeilen mit jeweils 44 unterschiedlichen elementaren Rechnungen, welche die

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

Abb. 16: Ausschnitt des Revisionstests

Schülerinnen und Schüler bearbeiten müssen. Diese haben pro Zeile 30 Sekunden Zeit, um möglichst viele Rechnungen als falsch oder richtig zu erkennen und zu kennzeichnen. Eine korrekte und schnelle Bearbeitung dieses Tests bedarf einer enorm guten und andauernden Konzentrationsleistung über 7 ½ Minuten. Die grundlegenden mathematischen Inhalte des Tests unterstützen die Fokussierung auf dieselbe.

Es sei festgehalten, dass es sich bei den gewählten Testinhalten nicht um normierte Verfahren handelt, um geometrische beziehungsweise rechnerische Fähigkeiten zu überprüfen. Wir haben aber gezeigt, dass die verwendeten mathematischen Fragestellungen auf die in Abschnitt 5.1.1. fokussierten Fähigkeiten abzielen.

5.1.4. Datenerhebung und Auswertung

Der Forschungszeitraum der Datenerhebung setzt sich aus drei Phasen zusammen: erste Datenerhebung (Prätest), Interventionsphase, zweite Datenerhebung (Posttest). Sowohl am Prätest als auch am Posttest nahmen die Schülerinnen und Schüler der Interventions- und Kontrollgruppen teil. Es konnten also sowohl Unterschiede zwischen den Gruppen als auch aufgrund der Intervention analysiert werden. Während der sechswöchigen Interventionsphase wurden in den Interventionsgruppen dreimal wöchentlich vollständige *Vital4Brain*-Einheiten während des Mathematikunterrichts abgewickelt. Die ausgefüllten Testbögen wurden jeweils codiert, um eine verbundene Stichprobe zu erhalten. Die Auswertung der einzelnen Testbögen geschah mithilfe eines Punktesystems beim Geometrietest (Gesamtpunkteanzahl 21). Die Aufgabenstellungen waren beim Prätest und Posttest unterschiedlich. Beim Revisionstest wurden die Rohwerte (Anzahl der richtigen Antworten) in Punkte umgewandelt und diese mithilfe von Normtafeln ausgewertet (*Statine-Werte*). Die Statine-Werte entsprechen einer neunstufigen Skala und werden durch mehrere aus dem Revisionstest resultierende Werte sowie Normtabellen gebildet. Für eine erste Auswertung werden die Daten aller Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppen und jene der Kontrollgruppen jeweils zusammengefasst, da die Aufgaben des Geometrietests schulstufenspezifisch ausgewählt wurden und die des Revisionstests von Haus aus nicht altersspezifisch sind. Damit ergeben sich 114 Schülerinnen und Schüler für die Gesamt-Interventionsgruppe und 62 für die Gesamt-Kontrollgruppe. Weitere Auswertungen fokussieren auf die Ergebnisse in den einzelnen Schulstufen. Die Daten wurden mithilfe des Statistikprogramms SPSS analysiert.

5.2. Ergebnisse

Für die Überprüfung der Hypothese H1 (Abschnitt 5.1.1.) wurde der Mann-Whitney U-Test angewendet, um Unterschiede zwischen den Gesamt-Interventionsgruppen und den Gesamt-Kontrollgruppen bei dem Prä- und Posttest zu eruieren: Tabelle 1.

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

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

Beim Prätest ist kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen erkennbar im Gegensatz zum Posttest. Die Effektstärke des Unterschieds beim

Posttest ist $r = \left| \frac{z}{\sqrt{n}} \right| = \left| \frac{-3,543}{\sqrt{176}} \right| = 0,267$, was eine mittlere Effektstärke nach Cohen bedeutet.

Die erhobenen (arithmetischen) Mittelwerte spezifizieren die eben erhaltenen Ergebnisse. Für die Interventionsgruppe konnte ein Mittelwert von 5,65 mit einer Standardabweichung von 5,36, für die Kontrollgruppe von 4,36 (Standardabweichung: 4,92) im Prätest festgestellt werden. Für den Posttest lauten die entsprechenden Mittelwerte 8,44 (Standardabweichung: 5,62) und 4,92 (Standardabweichung: 5,19). Ein t-Test für abhängige Stichproben auf Gleichheit der Mittelwerte bestätigt die eben festgestellten Unterschiede (signifikant).

Eine getrennte Auswertung der Interventions- beziehungsweise der Kontrollgruppe zeigt, dass der Mittelwert bei der Interventionsgruppe beim Prätest signifikant niedriger ist als beim Posttest. Bei der Kontrollgruppe zeigt sich nur ein minimaler nicht signifikanter Effekt (t-Test für abhängige Stichproben).

Für die Überprüfung der Hypothese H2 wurde wieder der Mann-Whitney U-Test durchgeführt: Tabelle 2.

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

Tabelle 2: Mann-Whitney U-Test zur Überprüfung eines Unterschieds zwischen den Gruppen beim Revisionstest

Hier zeigt sich, dass die Kontrollgruppe ein signifikant höheres Ausgangsniveau als die Interventionsgruppe besitzt. Beim Posttest ist kein signifikanter Unterschied feststellbar. Spezifiziert wird diese Entwicklung beim Vergleich der Mittelwerte der Statine-Werte. Die Kontrollgruppe erreichte bei der Prätestung einen Mittelwert von 6,53 (Standardabweichung: 2,0) und 6,18 (Standardabweichung: 2,6) bei der Posttestung. Die Interventionsgruppe dagegen erzielte bei der Prätestung einen Mittelwert von 5,75 (Standardabweichung: 2,0) und 6,95 (Standardabweichung: 2,2) bei der Posttestung. Die Steigerung bei der Interventionsgruppe ist signifikant (t-Test für abhängige Stichproben).

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der Interventionsgruppe 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

Tabelle 3: t-Test für abhängige Stichproben der Interventionsgruppe der 7. Schulstufe

Die durchschnittliche Differenz der Mittelwerte der Prä- und der Posttestung beim Geometrietest beträgt 5,5 Punkte zugunsten der zweiten Testung und ist signifikant (t-Test für abhängige Stichproben).

Ein ebenso deutliches Ergebnis liefert der t-Test für abhängige Stichproben bei den Revisionstests, welches durch Statine-Werte angegeben wird: Tabelle 3. Die Interventionsgruppe der 7. Schulstufe konnte ihre Statine-Werte bei der Posttestung um rund 1,8 Werteinheiten signifikant steigern.

Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse der t-Tests der Kontrollgruppe 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

Tabelle 4: t-Test für abhängige Stichproben der Kontrollgruppe der 7. Schulstufe

Die (positive!) Differenz der durchschnittlich erreichten Punkte beim Geometrietest liegt bei rund 0,8 Punkten, was keinem signifikanten Unterschied entspricht.

Die Statine-Werte des Revisionstests beim Prä- bzw. Posttest unterscheiden sich bei der Kontrollgruppe um knapp einen halben (ebenfalls positiven!) Wert, was keinen signifikanten Unterschied ergibt (t-Test für abhängige Stichproben).

Mithilfe einer einfaktoriellen ANOVA wurde untersucht, ob Unterschiede in den Leistungen bei den drei untersuchten Schulstufen in den Interventionsgruppen erkennbar sind. Für den Geometrietest ergeben sich signifikante Unterschiede ($F_{2,111} = 6,6; p=0,002$). Mittels einer Post-hoc-Analyse wurde analysiert, zwischen welchen Schulstufen der Unterschied besteht. Der Tukey-HSD Test zeigt signifikante Unterschiede zwischen der 5. und der 7. Schulstufe auf (knapp 5 Punkte mittlere Differenz zugunsten der 7. Schulstufe). Beim Revisionstest sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei getesteten Schulstufen zu verzeichnen.

6. Fazit

Der Fokus dieser Untersuchung liegt darauf, etwaige Verbesserungen der Leistungen von Schülerinnen und Schülern bei Geometrie- und Rechenaufgaben nach der regelmäßigen Durchführung eines koordinativ herausfordernden Bewegungsprogrammes festzustellen. Zumindest indirekt kann dadurch auch auf eine Stärkung der Konzentrationsfähigkeit geschlossen werden (Abschnitt 5.1.3.). Sowohl bei den Geometrieaufgaben als auch beim Revisionstest konnten bei den Interventionsgruppen deutliche Verbesserungen aufgezeigt werden, während bei der Kontrollgruppe keine besseren Ergebnisse zu verzeichnen sind. Die Prinzipien und Grundannahmen des Programms *Vital4Brain* zeigen ihre Wirkung.

Die Ergebnisse der Untersuchung stehen mit den Resultaten der in Abschnitt 3.5. zitierten Studien in Einklang. Sie zeigen in Ergänzung zu diesen positiven Effekten bei der Bearbeitung von geometrischen Aufgaben zum räumlichen Vorstellungsvermögen und mit ebenen Figuren und beim Bearbeiten von Revisionstests.

Weitere Ergebnisse dieser Untersuchung können Voit (2020) entnommen werden.

7. Limitationen

Die Ergebnisse dieser Untersuchung spiegeln ausschließlich die Leistungen der Schülerinnen und Schüler bezogen auf die getesteten Inhalte wider. Daher lassen sich keine Rückschlüsse zum Beispiel auf Schulnoten ziehen. Eine Verallgemeinerung auf beliebige mathematische Aufgabenstellungen wäre ebenso nicht zulässig.

Die Auswahl der Testaufgaben zielt zum Teil nur indirekt auf die Konzentrationsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler ab (Abschnitt 5.1.3.).

Die Untersuchung gibt auch keine Auskunft über langfristige Effekte der *Vital4Brain*-Trainingseinheiten.

Alternative Erklärungen für die gefundene Verbesserung können nicht ausgeschlossen werden. Zum Beispiel hatten die Interventionsgruppen durch das Training mehr Pausen in den Schulstunden und Abwechslung vom gewohnten Unterricht. Dies könnte zu einer höheren Konzentration während des Unterrichts beigetragen haben und damit zu besseren Testergebnissen.

Literatur

- Appel, M. & Schreiner, C. (2014). Digitale Demenz? Mythen und wissenschaftliche Befundlage zur Auswirkung von Internetnutzung. *Psychologische Rundschau*, 65 (1), 1–10.
- Aronen, E. T., Vuontela, V., Steenari, M.-R., Salmi, J. & Carlson, S. (2005). Working memory, psychiatric symptoms, and academic performance at school. *Neurobiology of Learning and Memory*, 83, 33–42. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1074742704000784?via%3Dihub> [26.01.2022].
- Azevedo, F. A. C., Carvalho, L. R. B., Grinberg, L. T., Farfel, J. M., Ferretti, R. E. L., Leite, R. E. P., Jacob Filho, W., Lent, R. & Herculano-Houzel, S. (2009). Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain. *Journal of Comparative Neurology*, 513 (5), 532–541.
- Bediou, B., Adams, D. M., Mayer, R. E., Tipton, E., Green, C. S. & Bavelier, D. (2018). Meta-analysis of action video game impact on perceptual, attentional, and cognitive skills. *Psychological Bulletin*, 144 (1), 77–110.
- Beer, G., Nikl, D. & Schwarz, W. (2012). Studie „BrainMove – bewege dich schlau“. Aufmerksamkeitstestung und Bewegungsübungen. Eine empirische Studie. *Erziehung und Unterricht*, 1–2, 103–113.
- Brandl, B. (2011). Das räumliche Vorstellungsvermögen im Mathematikunterricht fördern. In R. Haug & L. Holzäpfel (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2011* (S. 135–138). Münster: WTM. Verfügbar unter: http://www.mathematik.tu-dortmund.de/ieem/bzmu2011/_BzMU11_2_Einzelbeitraege/BzMU11_BRA_NDL_Birgit_Raumvorst.pdf [05.01.2022].

- 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. Verfügbar unter: https://www.bmbwf.gv.at/dam/jcr:973a3db1-5ba0-4c71-bfe5-90152dc433c2/reifepruefung_ahs_lfmath.pdf [08.04.2022].
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (2018). *Die schulische Behandlung der Rechenschwäche. Eine Handreichung*. Wien: Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. Verfügbar unter: https://www.schulpsychologie.at/fileadmin/upload/lernen_leistung/Dyskalkulie/rechenschwaechche.PDF [30.12.2021].
- Castro-Alonso, J. C. & Atit, K. (2019). Different Abilities Controlled by Visuospatial Processing. In J. C. Castro-Alonso (Ed.), *Visuospatial Processing for Education in Health and Natural Sciences* (pp. 23–51). Cham: Springer. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/334968376_Different_Abilities_Controlled_by_Visuospatial_Processing [26.01.2022]
- Colcombe, S. & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychological Science*, 14 (2), 125–130.
- De Greeff, J. W., Bosker, R. J., Oosterlaan, J., Visscher, C. & Hartman, E. (2018). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21 (5), 501–507. Verfügbar unter: [https://www.jsams.org/article/S1440-2440\(17\)31641-9/fulltext](https://www.jsams.org/article/S1440-2440(17)31641-9/fulltext) [05.01.2022].
- Ellinger, S., Walther, P. & Dietrich, J. (2010). Aufmerksamkeitsförderung in der Schule durch Neurofeedback: Brainfeeders. Konzept und Design eines Forschungsprojekts. *Empirische Sonderpädagogik*, 2 (1), 22–39. Verfügbar unter: https://www.pedocs.de/volltexte/2014/9336/pdf/ESP_2010_1_Ellinger_Walther_Dietrich_Aufmerksamkeitsfoerderung.pdf [10.08.2021].
- Eriksson, P. S., Perfilieva, E., Björk-Eriksson, T., Alborn, A.-M., Nordborg, C., Peterson, D. A. & Gage, F. H. (1998). Neurogenesis in the adult human hippocampus. *Nature Medicine*, 4 (11), 1313–1317. Verfügbar unter: https://www.nature.com/articles/nm1198_1313.pdf [10.08.2021].
- Fanari, R., Meloni, C. & Massidda, D. (2019). Visual and Spatial Working Memory Abilities Predict Early Math Skills: A Longitudinal Study. *Frontiers in Psychology*, 10, 2460. Verfügbar unter: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.02460/full> [26.01.2022].
- Friedrich, G. (1991). *Annäherungen an eine Didaktik*. Unveröffentlichte Diplomarbeit im Studiengang Erziehungswissenschaft. Pädagogische Hochschule Freiburg.

- Friedrich, G. (2005). *Allgemeine Didaktik und Neurodidaktik*. Frankfurt am Main: 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.
- Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., Nugent, T. F., Herman, D. H., Clasen, L. S., Toga, A. W., Rapoport, J. L. & Thompson, P. M. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101 (21), 8174–8179. Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC419576/> [30.12.2021].
- Hajar, M. S., Rizal, H. & Kuan, G. (2019). Effects of physical activity on sustained attention: a systematic review. *Scientia Medica*, 29 (2), 32864. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/335351022_Effects_of_physical_activity_on_sustained_attention_a_systematic_review [30.12.2021].
- Hawes, Z. & Ansari, D. (2020). What explains the relationship between spatial and mathematical skills? A review of evidence from brain and behaviour. *Psychonomic Bulletin & Review*, 27 (1). Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/338720447_What_explains_the_relationship_between_spatial_and_mathematical_skills_A_review_of_evidence_from_brain_and_behavior [30.12.2021].
- Heil, S. (2017). *Konzentrationsförderung im Unterricht an einer Schule mit Förderschwerpunkt „Lernen“*. München: GRIN Verlag.
- Hillman, C., Erickson, K. I. & Kramer, A. F. (2008). Be Smart, Exercise Your Heart: Exercise Effects on Brain and Cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9 (1), 58–65.
- Jensen, E. (2005). *Teaching with the Brain in Mind*. 2nd Edition. Alexandria: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Kubesch, S., Walk, L., Spitzer, M., Kammer, T., Lainburg, A., Heim, R. & Hille, K. (2009). A 30-Minute Physical Education Program Improves Students' Executive Attention. *Mind, Brain, and Education*, 3 (4), 235–242.
- 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*. Unveröffentlichte Dissertation am Institut für Psychologie. Universität Wien.

- Maier, P. H. (1999). *Räumliches Vorstellungsvermögen. Ein theoretischer Abriss des Phänomens räumliches Vorstellungsvermögen. Mit didaktischen Hinweisen für den Unterricht*. Donauwörth: Auer.
- Marschner, A. (2007). *Konzentrationssteigerung im Mathematikunterricht insbesondere in der 5. und 6. Schulstufe*. Verfügbar unter: https://www.imst.ac.at/imst-wiki/images/0/0d/722_Langfassung_Marschner.pdf [20.04.2020].
- Marschner, G. (1972). *Revisions-Test (Rev. T.) nach B. Stender. Ein allgemeiner Leistungstest zur Untersuchung anhaltender Konzentration bei geistiger Tempoarbeit*. Göttingen: Hogrefe.
- McGraw, S. (2007). *Aufmerksamkeits- und Konzentrationsdefizite bei Kindern. Möglichkeit der Intervention: Konzentrationstraining*. München: GRIN Verlag.
- Memmert, D. & Weickgenannt, J. (2006). Zum Einfluss sportlicher Aktivität auf die Konzentrationsleistung im Kindesalter. *Spectrum der Sportwissenschaften*, 18, 77–99.
- Müller, M. (2015). *Der Zusammenhang zwischen sportlicher (Wettkampf-)Aktivität und kognitiver Leistung*. Diskussionspapier des Instituts für Organisationsökonomik. Westfälische Wilhelms-Universität Münster. Verfügbar unter: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/107016/1/816997845.pdf> [10.08.2021].
- Müller, T. (2013). Pädagogik auf biowissenschaftlicher Grundlage? Aktuelle Tendenzen der Naturalisierung von Bildung und Erziehung. *Berliner Debatte Initial*, 24 (1), 24–34.
- Partisch, E. (2010). *Psychologische Untersuchungen zu einem Trainingsprogramm zur schulrelevanten Aufmerksamkeit im Unterrichtsfach Mathematik: soziale und andere Bedingungsfaktoren*. Diplomarbeit an der Fakultät für Psychologie. Universität Wien. Verfügbar unter: <http://othes.univie.ac.at/10031/> [10.08.2021].
- Plake, K. (2010). *Schule als Konstrukt der Öffentlichkeit: Bilder – Strategien – Wirklichkeiten*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Preiß, G. (2003). *Anmerkungen zur Schule des 21. Jahrhunderts*. Verfügbar unter: <https://zahlenland.info/wp-content/uploads/2017/06/NeurodidaktikSchuledes21JahrhundertsGerhardPreiss.pdf> [04.05.2020].
- Preiß, G. (2019). *Mathematik mit Herz, Hand und Fuß. Materialien für einen erlebnisorientierten Mathematikunterricht*. Zahlenland Prof. Preiß. Verfügbar unter: https://www.zahlenland.info/download/ZLPP_BroschuereSchule.pdf [02.05.2020].

- Preiß, G. & Preiß, G. (2014). *Jubiläumjournal. 10 Jahre Zahlenland Prof. Preiß. 25 Jahre Entwicklung und Ideen für Zahlenfreunde*. Verfügbar unter: http://www.zahlenland.info/download/ZLPP_Jubilaeumsjournal2014.pdf [04.05.2020].
- Raichle, M. E. (2009). A brief history of human brain mapping. *Trends in Neurosciences*, 32 (2), 118–126. Verfügbar unter: [https://www.cell.com/trends/neurosciences/fulltext/S0166-2236\(08\)00265-8?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0166223608002658%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/trends/neurosciences/fulltext/S0166-2236(08)00265-8?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0166223608002658%3Fshowall%3Dtrue) [30.12.2021].
- Ramming, M. (2019). *Neuro Change: Antworten der Hirnforschung auf den Wandel im Management*. Freiburg, München, Stuttgart: Haufe Group.
- 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*, 8 (1), 9–21. Verfügbar unter: <http://archive.sciendo.com/SIGTEM/sigtem.2016.8.issue-1/sigtem-2016-0012/sigtem-2016-0012.pdf> [10.08.2021].
- Schaumburg, H. (2015). *Chancen und Risiken digitaler Medien in der Schule. Medienpädagogische und -didaktische Perspektiven*. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
- Schöneburg, S. (2016). Wer spielt, gewinnt und lernt – Förderung des räumlichen Vorstellungsvermögens durch den Einsatz von Lernspielen. In Institut für Mathematik und Informatik der Pädagogischen Hochschule Heidelberg (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2016* (S. 875–878). Münster: WTM. Verfügbar unter: <https://eldorado.tu-dortmund.de/bitstream/2003/35256/1/BzMU%202016%20Lernspiele.pdf> [05.01.2022].
- 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.
- Schwenck, C. & Schneider, W (2003). Einflussfaktoren für den Zusammenhang von Rechen- und Schriftsprachleistungen im frühen Grundschulalter. *Kindheit und Entwicklung*, 12 (4), 212–221.

- Senftleben, H.-G. (1996). Erkundungen zur Kopfgeometrie (unter besonderer Beachtung der Einbeziehung kopfgeometrischer Aufgaben in den Mathematikunterricht der Grundschule). *Journal für Mathematik-Didaktik*, 17, 49–72.
- 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. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/235913924_The_Relationship_between_Physical_Activity_and_Cognition_in_Children_A_Meta-Analysis [10.08.2021].
- 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.
- Stubenrauch, C., Krinzinger, H. & Konrad, K. (2014). Vom Hirnbild zum guten Unterricht – Implikationen von neuropsychologischen und Bildgebungsbefunden für die Lehr-Lern-Forschung. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*, 42 (4), 253–269. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/263778404_Vom_Hirnbild_zum_guten_Unterricht [10.08.2021].
- Thurstone, L. L. (1938). *Primary mental abilities*. Chicago, Illinois: University of Chicago Press.
- Vogel, P. (2008). Bildung, Lernen, Erziehung, Sozialisation. In P. Vogel (Hrsg.), *Grundbegriffe Ganztagsbildung: Das Handbuch* (S. 118–127). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Voit, N. (2020). *Vital4Brain im Mathematikunterricht – eine Untersuchung der Wirkung des Programms Vital4Brain auf die mathematischen und kognitiven Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern*. Masterarbeit an der Fakultät für Mathematik. Universität Wien. Verfügbar unter: <http://othes.univie.ac.at/63753/> [10.08.2021].
- Walk, L. (2011). Bewegung formt das Hirn. Lernrelevante Erkenntnisse der Gehirnforschung. *DIE Zeitschrift für Erwachsenenbildung 01*. Lernen in Bewegung, 27–29. Verfügbar unter: https://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/52228/ssoar-die-2011-1-walk-Bewegung_formt_das_Hirn_lernrelevante.pdf;jsessionid=37CDAB887171CA3B7F19A9B019919E22?sequence=1 [10.08.2021].
- Weigand, H.-G., Filler, A., Hölzl, R., Kuntze, S., Ludwig, M., Roth, J., Schmidt-Thieme, B. & Wittman, G. (2018). *Didaktik der Geometrie für die Sekundarstufe I*. 3. Auflage. Berlin: Springer Spektrum.

Zatorre, R. J., Fields, R. D. & Johansen-Berg, H. (2012). Plasticity in gray and white: neuroimaging changes in brain structure during learning. *Nature Neuroscience*, 15, 528–536.

NINA VOIT

Bachelor und Master of Education, Lehrerin für die Unterrichtsfächer Bewegung & Sport und Mathematik, Marketing und Vereinsmanagement, Bundesgymnasium Zehnergasse Wiener Neustadt
n.voit@simplystrong.at

STEFAN GÖTZ

Mag. rer. nat. Dr. rer. nat., Außerordentlicher Universitätsprofessor für Didaktik der Mathematik, Universität Wien
stefan.goetz@univie.ac.at