Studie

Vital4Brain – bewege dich schlau

Aufmerksamkeitstestung und Bewegungsübungen
Eine empirische Studie

mit dem Artikel

Lernen und Bewegung – Schlaglichter
auf den aktuellen Forschungsstand

AutorInnen:
Gabriele Beer, Daniela Nikl, Werner Schwarz

Wiener Neustadt, 2012

Publiziert in und Auszüge aus:
Erziehung und Unterricht
Österreichische Pädagogische Zeitschrift

Heft 1-2/2012, 162 Jahrgang

Gabriele Beer, Daniela Nikl, Werner Schwarz

Studie „BrainMove* – bewege dich schlau“

Aufmerksamkeitstestung und Bewegungsübungen

Eine empirische Studie

* ... Für „BrainMove“ wird im Titel „Vital4Brain“ verwendet.

Summary

Ausgehend von den theoretischen Überlegungen des ersten Artikels wurden Hypothesen für die Wirksamkeit der Bewegungsintervention “BrainMove” abgeleitet und in einer quasiexperimentellen Untersuchung geprüft. Effekte konnten nachgewiesen werden. Die Wirkung der Bewegungsintervention BrainMove unterschied sich allerdings zwischen Kurz- und Langzeitintervention.

Einleitung

Resultierend den Aussagen des Artikels “Lernen und Bewegung – Schlaglichter auf den aktuellen Forschungsstand”, wird nun empirisch der Frage nachgegangen, ob durch Bewegung, im Speziellen Übungen mit einem hohen koordinativen Anteil, tatsächlich die erwartete Wirkung – eine erhöhte Aufmerksamkeits- und Konzentrationsleistung – ausgeht.

Zur Überprüfung dieser Ausgangsthese wurde von den VerfasserInnen eine Studie konzipiert, die im vorliegenden Artikel präsentiert wird. Diese Studie wurde von den VerfasserInnen in Zusammenarbeit mit LehrerInnen- und SchülerInnen am Bundesrealgymnasium Zehnergasse in Wr. Neustadt umgesetzt.[1]

Forschungsfrage

Sind die „BrainMove“-Übungen eine geeignete Methode/Intervention zur langfristigen nachhaltigen und/oder kurzfristigen Steigerung der schulischen Konzentrations- und Aufmerksamkeitsleistung?

Ziel der Studie „BrainMove – bewege dich schlau

Ziel dieser Studie ist die Überprüfung der Wirksamkeit von „BrainMove“-Übungen auf die Aufmerksamkeits- und Konzentrationsleistung von SchülerInnen. In der Studie soll

- ein langfristig leistungssteigender Effekt mit einer Eingangs- und Ausgangstestung und einer 6-wöchig dazwischenliegenden Bewegungsintervention und andererseits

[1] 1 Die Studie sowie die geplante Fortsetzung des Projekts „BrainMove“ als auch die Verankerung im Schulprogramm wird ermöglicht dank der Unterstützung durch die Initiative „Gesunde Schule“ des Landes Niederösterreich sowie der Schulpartner Wiener Neustädter Sparkasse und UNIQA Versicherungen AG, UNIQA Health Service GmbH.

- ein kurzfristig leistungssteigender Effekt eine Woche nach der Eingangstestung erfasst werden (Test – BrainMove – Test).

Begriffsverständnis und Begriffseingrenzung

Die Termini Aufmerksamkeit und Konzentration werden in der Literatur ausführlich diskutiert. „Konzentration kann als Fähigkeit bezeichnet werden, anhaltend ungeteilte Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Sache oder Tätigkeit zu richten. Diese Ausrichtung ist ein aktiver Steuerungsprozess, der sich bei Kindern allmählich entwickelt“ (*Brandau/Pretis/Kraschnitz* 2003, 60). „Konzentration (psychol.) ist die bewusst herbeigeführte Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Tätigkeit oder einen bestimmten Gegenstand bzw. Erlebnisinhalt“ (Pschyrembel Klinisches Wörterbuch 1998, 857). „Konzentration ist ein bewusster Akt, eine bewusste Fokussierung der Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Tätigkeit, z. B. dem Lösen einer gestellten Aufgabe. Sie bedarf einer geistigen Anstrengung, die je nach Grad der Ermüdung nachlässt und dazu führt, dass das Aufmerksamkeitsniveau sinkt. Bei der Konzentration stehen die Intentionalität der Zuwendung zu bestimmten Reizen, deren Integration in vorhandene kognitive Strukturen und die Beanspruchung energetischer Ressourcen im Vordergrund“ (*Memmert/Weickgenannt* 2006, 80). *Rützel* (1977, 49) definiert die Aufmerksamkeit mit der kurzen Aussage „Aufmerksamkeit ist Selektion“. Diese Definition ist dem Manual Test d2 Aufmerksamkeits–Belastungs-Test entnommen, (2002, 6) aus dem auch der Konzentrationsleistungstest stammt, welcher der Studie zugrunde liegt. In dieser Studie wird 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“ (ebd). Dieser Auffassung schließen sich die AutorInnen an.

Testinstrumente

Für die Bewegungsintervention „BrainMove“ wurde im Rahmen eines Projektes ein Übungsprogramm unter dem Titel „BrainMove“ entwickelt. Dieses Programm wird im nachfolgenden Artikel mit dem Titel „Projekt BrainMove – bewege dich schlau“ dieses Heftes vorgestellt.

Die Aufmerksamkeits- und Konzentrationsleistung wird mit dem Test d2Aufmerksamkeits-Belastungs-Test erhoben.

Der d2 als eine standardisiere Weiterentwicklung des sogenannten Durchstreichtests, „misst Tempo und Sorgfalt des Arbeitsverhaltens bei der Unterscheidung ähnlicher visueller Reize (Detail-Diskrimination) und ermöglicht damit die Beurteilung individueller Aufmerksamkeits- und Konzentrationsleistungen“ (*Brickenkamp* 2002, Deckblatt).

Der Test d2 verlangt eine auf externe visuelle Reize bezogene Konzentrationsleistung. Ihr Zustandekommen lässt sich auf die individuelle Kontrollfunktion zurückführen, die sich im Test d2 in drei Verhaltenskomponenten manifestieren:

(1) im Tempo bzw. in der Quantität, d.h. in der Menge des in einer bestimmten Zeiteinheit bearbeiteten Materials (Antrieb),

(2) in der Qualität, d.h. der Güte, Sorgfalt und Genauigkeit der Bearbeitung, die sich invers aus dem Fehleranteil erschließen lässt (Kontrolle),

(3) im zeitlichen Verlauf der Leistung, der Rückschlüsse auf Besonderheiten, Konstanz oder Instabilität, frühzeitige Sättigung, Ermüdung und dgl., ermöglichen soll (Kontrolle)" (*Brickenkamp* 2002, 6).

Der Test d2 besteht aus 14 Testzeilen mit je 47 Zeichen. Es gibt „16 verschiedene Zeichen, die aus der Kombination der Buchstaben „d" und „p" mit einem, zwei, drei oder vier Strichen entstanden sind. Aus der gemischten Reihenfolge soll jedes „d", das mit zwei Strichen versehen ist, durchgestrichen werden. Diese durchzustreichenden Zeichen werden in Bezug auf die gestellte Aufgabe als ´relevant` bezeichnet, die übrigen als ´irrelevant´. Die Vorkommenshäufigkeit relevanter Stimuli im Vergleich zu den irrelevanten beträgt 1:1,2." (*Brickenkamp* 2002, 15).

Gütekriterien

Die Durchführungsobjektivität wurde gewährleistet, indem sich die beiden TestleiterInnen strikt an die Instruktionen der Handanweisung hielten.

Die Auswertung erfolgte in einem ersten Schritt durch Studierende der Kirchlich Pädagogischen Hochschule Wien/Krems im Rahmen einer Lehrveranstaltung, in der sie sich umfassend mit den Zielen und Inhalten dieses Forschungsprojekts auseinanderzusetzen hatten. Die Auswertungsobjektivität wurde dadurch sichergestellt, dass alle ausgewerteten Testprotokolle nachgerechnet und kontrolliert wurden. Erst dann erfolgte die Dateneingabe in das Statistikprogramm SPSS.

Methodisches Vorgehen

1. Studiendesign

Bei dieser quantitativ empirischen Studie wird hypothesenprüfend vorgegangen. Das Design ist darauf ausgelegt, einen möglichen lang- und eine kurzfristigen Effekt zu erfassen:

- Studiendesign für den langfristigen Effekt

  Es erfolgten zwei Messzeitpunkte: Die erste Testung wurde vor Beginn der Intervention (Montag in der dritten Schulwoche des Schuljahres 2011/12) angesetzt. Die zweite Testung fand nach sechs Interventionswochen (14.11.2011) statt. Die Eingangs- und Ausgangstestung erfolgte jeweils vom gleichen Testleiter/von der gleichen Testleiterin in der zweiten bis vierten Unterrichtsstunde. Bei der Ausgangstestung lag die letzte Intervention drei Tage zurück, um eine etwaige kurzfristige Leistungssteigerung auszuschließen.

- Studiendesign für den kurzfristigen Effekt

  Die Ausgangstestung erfolgte ebenfalls vor Beginn der Intervention (Montag in der dritten Schulwoche des Schuljahres 2011/12). Eine Woche

später wurde einmalig das Bewegungsprogramm ausgeführt und unmittelbar danach wurde nochmals getestet.

Intervention / Testzeitraum

Es handelt sich um eine bewegungsorientierte Intervention. Dem Bewegungsprogramm wurde von den VerfasserInnen die Bezeichnung „BrainMove“ gegeben. Das Projekt der sechswöchigen Bewegungsintervention läuft unter dem Titel „BrainMove – bewege dich schlau“. Es ist wesentlich darauf hinzuweisen, dass die bewegungsorientierten Interventionen in den Unterrichtsstunden als integraler Bestandteil des Unterrichts und nicht in den Pausen durchgeführt werden. Weiters soll an dieser Stelle angemerkt werden, dass eine ausgewiesene wichtige Zielsetzung ist, bei Bestätigung auch nur einer Hypothesenannahme das Projekt fix im Schulprogramm des Bundesrealgymnasiums Zehnergasse Wiener Neustadt unter dem Titel „BrainMove – bewege dich schlau“ zu verankern.

Die Bewegungsintervention „BrainMove“ wird im Klassenverband und im Klassenraum als Element des Unterrichts integriert und in den Unterrichtsverlauf über die Interventionsdauer von sechs bis neun Minuten mit einer Häufigkeit von drei Einheiten pro Woche über einen Interventionszeitraum von sechs Wochen durchgeführt. Begonnen wird am 19.09.2011, Ende der Intervention ist der 14.
November 2011.

2. Stichprobe

Es wurden zwölf Klassen der Unterstufe des Bundesrealgymnasiums Zehnergasse Wr. Neustadt ausgewählt. Für die Prüfung der Hypothese, dass ein kurzzeitiger Effekt durch “BrainMove” erzielt wird, wurden vier Klassen und für die Prüfung eines langfristigen Effektes acht Klassen herangezogen. Bei der Auswahl der Klassen des langfristigen Effektes wurde berücksichtigt, dass eine Experimental- und Vergleichsgruppe zu je vier Klassen gebildet werden konnte, wobei sich in jeder Gruppe je zwei Sportklassen und je zwei Regelklassen (AHS) befinden.

Näher wird die Klumpenstichprobe für die Intervention lang beschrieben: In dieser Schule werden drei Schulformen geführt: SRG – Realgymnasium unter besonderer Berücksichtigung der sportlichen Ausbildung (geänderte Stundentafel mit 7/7/7/8 Regelwochenstunden Sport und zusätzlichen Unverbindlichen Übungen), WRG – Wirtschaftskundliches Realgymnasium mit Regellehrplan
(4/4/3/3 Wochenstunden Bewegung und Sport in der Stundentafel) und ein Gymnasium unter besonderer Berücksichtigung der Sprachkompetenz, aus der jedoch keine Stichprobe gezogen wird.

	Interventionsklassen lang	Vergleichsklassen lang
Sport	SRG 2a 4a	SRG 2b 4b
Nicht Sport	AHS 2d 4d	AHS 2e 4e

	Interventionsklassen kurz	Kontrollklassen kurz
	2c 4c	2f 4f

Tab. 1: Stichprobe

3. Hypothesen

Auf Grundlage der im einführenden Artikel gezeigten theoretischen Hintergründe und auch auf Basis der berufsfeldbezogenen Beobachtungen der VerfasserInnen werden folgende Hypothesen nachfolgend formuliert und im Rahmen der Studie geprüft.

H1: Schon eine einmalige Bewegungsintervention „BrainMove" führt zu einer messbaren Verbesserung der Aufmerksamkeitsleistung unmittelbar nach der Bewegungsintervention.

Die Hypothese fußt auf den Annahmen, dass Bewegung zu einer verbesserten Durchblutung des Gehirns und einer gehobenen Stimmungslage führt. So schreibt beispielsweise *Martin Korte*, „dass ein Mensch, wenn er sich bewegt nicht nur die Muskeln besser durchblutet, sondern auch das Gehirn. Bei 40 Prozent der Maximalleistung bedeutet dies eine um 25 Prozent vermehrte Blutzufuhr zum Gehirn"(*Korte* 2009, S. 214). Weiters belegen bereits im vorangehenden Artikel zitierte Ausführungen von *Spitzer* und *Korte* zum limbischen System, dass die emotionale Befindlichkeit durch Bewegung gehoben wird und das Belohnungssystem aktiviert wird (vgl. *Korte* 2009, 40 ff und 215 sowie *Spitzer* 2009, 167 und 177ff).

H2: Eine dreimal wöchentlich gesetzte Bewegungsintervention „BrainMove" über sechs Wochen führt zu einer messbaren nachhaltigen Verbesserung der Aufmerksamkeitsleistung.

Der theoretische Hintergrund zu dieser Hypothese liegt in der Annahme, dass die Reize durch die Bewegungsintervention zur funktionellen und strukturellen Anpassungen in den Strukturen des Gehirns führen und analog zu bekannten Trainingsanpassungen aus dem Bereich des Sports eine Steigerung der Aufmerksamkeitsleistung messbar wird. Die oben genannten Anpassungen im Gehirn werden, wie ebenfalls bereits zitiert, durch Botenstoffe, die bei Bewegung von der Muskulatur produziert werden und über die Blutbahn ins Gehirn gelangen, hervorgerufen.

H3: Die Leistungssteigerung durch die langfristig gesetzte Bewegungsintervention übertrifft die unmittelbaren Effekte auf die Aufmerksamkeitsleistung durch eine einmalige Bewegungsintervention.

Die Hypothese beruht auf Überlegungen, die die VerfasserInnen aus ihrem Erfahrungswissen aus dem Bereich des Sports und des sportlichen Trainings ableiten.

H4: SchülerInnen der Sportklassen zeigen eine signifikant bessere Aufmerksamkeits- und Konzentrationsleistung.

Diese Hypothese stützt sich auf Ergebnisse, die in einem Artikel von *Nemmert* und *Weickgenannt* mit dem Titel „Konzentration und sportliche Aktivität“ vorgestellt wurden. Demnach zeigen SchülerInnen mit einem Fernsehkonsum von mehr als einer Stunde pro Tag und einer hohen Gesamtaktivitätsdauer eine signifikant bessere Konzentrationsleistung als SchülerInnen bei gleichem Fernsehkonsum und einer mittleren und niederen Gesamtaktivitätsdauer (vgl. *Nemmert/Weickgenannt* 2006, 89ff).

4. Bewegungsintervention mit Testübungen

Die Zusammenstellung des Übungsprogrammes und der modulartige Aufbau wurden von den AutorInnen des vorliegenden Artikels in Zusammenarbeit mit dem SportlehrerInnen-Team erstellt. Theoretischer Hintergrund sind Erkenntnisse aus der Neurobiologie zu einem aktuellen Verständnis von Lernen. Die Auswahl der Literatur wird in nachfolgenden Artikel vorgestellt. Die Erkenntnisse aus den Trainingswissenschaften waren Grundlage für die Aufbau- und Inhaltsstruktur des Übungsprogrammes der Bewegungsintervention. Bei der konkreten Auswahl der Übungen für die Bewegungsintervention wurden Anleihen an *Paul E. Dennison* unter dem Schlagwort „Brain Gym“ getätigt. Auch zu dieser Literatur finden sich entsprechende Angaben in der Literaturliste beider Beiträge.

Das Zusammenführen der neurobiologischen sowie der trainingswissenschaftlichen Erkenntnisse führen die VerfasserInnen über den Themenbereich Lernen und Bewegung zum Projekt „BrainMove – bewege dich schlau“. Der Inhalt des Projektes sind bewegungsorientierte Interventionen, die unmittelbar in den Unterricht integriert werden.

5. Einpassung des Interventionsprogramms in den Stundenplan

Für die Durchführung der Übungen im Unterricht sind zwei Varianten denkbar:

Variante 1: Einpassung in den Stundenplan, d. h. es sind die Stunden in denen die Übungen gemacht werden sollen vorgegeben und bleiben über den Zeitraum gleich.

Variante 2: Es erfolgt eine variable Einpassung, d. h. es sind zwar die Tage vorgegeben nicht aber die Unterrichtsstunde.

Der Vorteil der Variante zwei gegenüber der Variante eins ist der, dass nicht immer derselbe Unterrichtsgegenstand betroffen ist, was Widerstände von KollegInnen hervorrufen würde, wenn beispielsweise dieses Fach auch nur eine Wochenstunde umfassen würde.

6. Das Übungsprogramm und der methodisch inhaltliche Aufbau

Die Bewegungsintervention ist dem dreiphasigen Aufbau einer klassischen Sporteinheit angelehnt gegliedert in:

- Aktivierungsteil „BrainMove-Aerobix“
- Hauptteil „BrainMove-Koordix“

- Überleitungsteil „BrainMove-Relaxix

Trainingswissenschaftliche Kennziffern der Intervention

Interventionseinheit Belastungsumfang 6-9 Minuten, davon

- Aktivierungsteil: 1 – 3 Minuten, Bewegungsaufgaben
- Hauptteil: 5 – 7 Minuten, Bewegungsangweisungen, organisiert in Übungsstationen jeweils mit 7 bis 25 Übungswiederholungen
- Überleitungsteil: 1 – 3 Minuten, Entspannungs- und Bewegungsaufgaben

Interventionshäufigkeit Projekt „BrainMove“: 3mal pro Woche, jeweils am Mo / Mi / Fr

Verankert im Schulprogramm: 2- bis 5mal pro Woche, idealtypisch jeweils am Mo / Mi / Fr

Interventionsdauer Projekt „BrainMove“: 6 Unterrichtswochen im ersten Semester des Schuljahres 2011/12.

Verankert im Schulprogramm: Idealtypisch über das gesamte Schuljahr, intensiviert in Zeiten verstärkten Lernangebotes und erhöhter Prüfungsanforderungen.

Das Übungsprogramm, der methodisch inhaltliche Aufbau der bewegungsorientierten Intervention „BrainMove – beweg dich schlau“ und die detaillierte Beschreibung der Übungen mit Bewegungsanweisungen und Wiederholungszahlen sowie ausgewählte Bilddarstellungen wird in diesem Heft im nächstfolgenden Artikel vorgestellt.

7. Ergebnispräsentation

Es soll geklärt werden, ob vom Bewegungsprogramm (a) eine unmittelbare Wirkung bzw. (b) eine langfristige Wirkung ausgeht und damit signifikante Veränderungen der Aufmerksamkeits- und Konzentrationsleistung zu beobachten sind.

Folgende Variable des d2-Tests wurden als repräsentative Größen für die Aufmerksamkeits- und Konzentrationsleistung herangezogen:

(1) die Sorgfalt, die durch einen standardisierten Prozentsatz angegeben wird. Hohe Werte geben hohe Sorgfalt, d. h. geringe Fehlerfrequenzen wieder,

(2) die qualitative Leistung (100 minus dem relativen Fehlerprozentwert), sie kann als summative Aufmerksamkeitsleistung gewertet werden,

(3) der Konzentrationsleistungswert, berechnet aus der Summe aller zutreffend durchgestrichenen Zeichen, abzüglich der Verwechslungsfehler. Dieser Wert wurde ausgewählt, da er als der Verfälschungsresistenteste gegenüber anderen berechneten Werten gilt.

Nach Kontrolle der Auswertung aller Testprotokolle und der Dateneingabe im Statistikprogramm SPSS erfolgte die Prüfung der Variablen auf ihre Güte. Ausreißer wurden eliminiert, die Prüfung der Normalverteilung (Schiefe, Kurtosis, K-S-Test) wies bei keiner der vorgestellten Variablen eine Normalverteilung aus. Es konnte auch über weiterführende Verfahren keine Normalverteilung erzeugt werden, der Test wird damit formativ verwendet.

Bei Betrachtung der Mittelwerte der jeweiligen Auswertungskategorien zum Testzeitpunkt 1 und 2 lassen sich generell Leistungszuwächse erkennen, die durch die Testwiederholung miterklärt werden müssen. Es haben alle Gruppen – mit und ohne Intervention – eine Leistungssteigerung erzielt. Es ist ersichtlich, dass die Versuchs- und Kontrollgruppen unterschiedliche Ausgangsniveaus haben.

Gruppe		Sorgfalt t_1	Sorgfalt t_2	Koentrationsleistungs - wert Prozentwert t_1	Konzentrationsleistungs - wert Prozentwert t_2	Qualitative Leistung t_1	Qualitative Leistung t_2
Interventions-klassen Langzeit	Mittelwert	62,41	72,56	63,35	87,00	96,4095	98,1812
	N	88	81	88	79	88	80
	Standardabweichung	30,514	28,161	21,197	12,181	3,53723	1,79736
	Median	71,00	82,00	66,00	90,00	97,4550	98,8375
Kontrollklasse Langzeit	Mittelwert	60,06	72,19	73,16	89,67	96,7614	97,9569
	N	96	96	96	93	94	96
	Standardabweichung	25,741	23,140	20,538	13,371	2,31589	1,84600
	Median	64,00	79,00	79,00	96,00	97,2050	98,5140
Interventionsklasse Kurzzeit	Mittelwert	61,51	69,38	64,42	91,00	95,8450	97,5540
	N	45	45	45	45	45	45
	Standardabweichung	26,421	27,839	21,962	12,388	5,58675	2,43264
	Median	66,00	79,00	66,00	98,00	97,1580	98,1480
Kontrollklasse Kurzzeit	Mittelwert	54,77	64,46	69,94	90,96	95,1970	97,2444
	N	48	48	48	48	48	48
	Standardabweichung	28,671	30,282	22,648	16,495	4,55707	2,68045
	Median	62,00	69,00	76,00	96,00	96,8100	98,2720

Tab. 1: Mittelwerte und Häufigkeiten

In Folge werden exemplarisch Ergebnisse für die Langzeit- und Kurzintervention dargestellt. Zur Überprüfung der Hypothesen wurden univariate Varianzanalysen mit Messwiederholung eingesetzt.

Der Faktor Zeit hat sich bei allen Analysen als eine signifikante Einflussgröße erwiesen. Dies wurde bereits bei Betrachtung der Mittelwerte vermutet. Die Wirkung des Treatments wird durch den Vergleich der Gruppen beurteilt.

Die nachfolgende Grafik zeigt bei allen Gruppen für die Variable “Qualitative Leistung” einen Anstieg der Geraden.

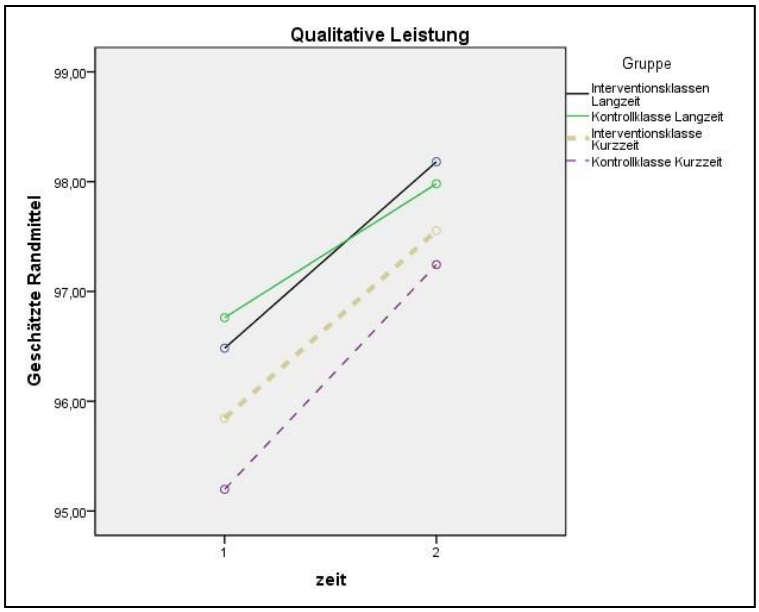

Abb. 1: Variable "Qualitative Leistung" im Vergleich der Gruppen

Der Leistungszuwachs ist in Bezug auf die zwei Testzeitpunkte zwar bei beiden Gruppen signifikant (p = 0,000), jedoch lässt sich kein signifikanter Leistungszuwachs zwischen den Versuchs- und Vergleichsklassen mit langer Intervention (p = 0,903) und mit einmaliger Intervention (p = 0,493) nachweisen. Das sechswöchige Bewegungsprogramm "BrainMove" wirkte sich somit nicht auf eine signifikante Verbesserung der summativen Aufmerksamkeitsleistung aus.

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
	3276753,353			369262,449	
Konstanter Term	,132 1526,290			,015	
		1	3276753,353		,000
Gruppe1		1	,132		,903
Fehler		172	8,874		

Tab. 2: Test auf Zwischensubjekteffekten Intervention Langzeit, Variable "Qualitative Leistung"

Der Konzentrationsleistungswert als ein zentrales Maß zeigt, dass die Interventionsklassen ein geringeres Ausgangsniveau hatten aber fast an die Leistung der Vergleichsgruppe anschließen konnte (vgl. Abb. 2). Zu vergleichen sind jeweils die durchgehenden Linien bzw. die strichlierten Linien.

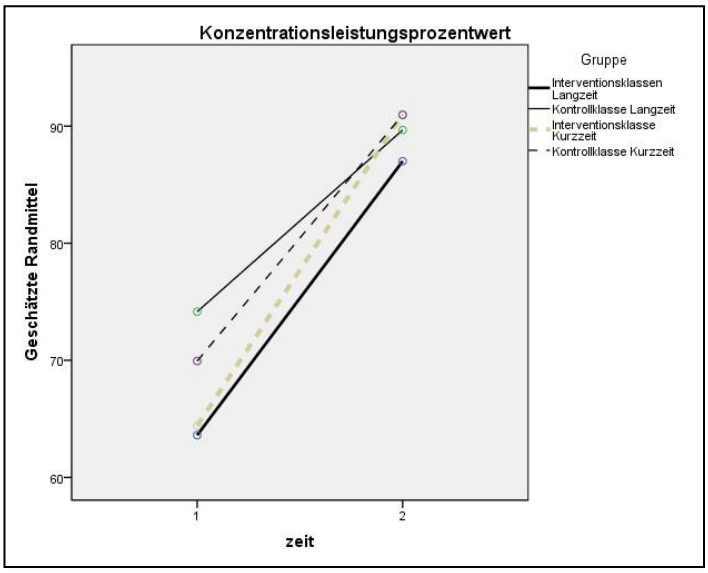

Abb. 2: Variable "Konzentrationsleistungswert" im Vergleich der Gruppen

Die Berechnungen für die Langzeitintervention (siehe Tab. 3) ergeben sowohl einen signifikanten Einfluss der Zeit (p = 0,000) wie auch der Gruppe (p = 0,04) auf den Konzentrationsleistungswert. Mit anderen Worten heißt das, dass sich die SchülerInnen, die die sechswöchige Bewegungsintervention absolviert hatten, in der Zahl der richtig gelösten Aufgaben (d mit zwei Strichen zu streichen) verbessert und gleichzeitig weniger Verwechslungsfehler begangen haben. Dieser Leistungszuwachs ist bei den SchülerInnen der Interventions-gruppe deutlicher (signifikant) ausgeprägt als bei der Vergleichsgruppe.

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Konstanter Term	2111471,296	1	2111471,296	4737,905	,000
	3726,761				
Gruppe1	75761,364	1	3726,761	8,362	,004
Fehler		170	445,655		

Tab. 3: Test auf Zwischensubjekteffekten Intervention Langzeit, Variable "Konzentrationsleistung"

In den Klassen mit Kurzform konnte für die Zeit (p = 0,000), nicht aber für die Gruppe (p = 0,427), ein signifikanter Unterschied berechnet werden. Eine einmalige Intervention zeigt keine wesentlichen Effekte.

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Konstanter Term	1161953,562	1	1161953,562	2123,473	,000
	347,927			,636	
Gruppe1	49794,728	1	347,927		,427
Fehler		91	547,195		

Tab. 4: Test auf Zwischensubjekteffekten Intervention Kurzzeit, Variable "Konzentrationsleistung"

Analog zum eben besprochenen Ergebnis hat bei der Variable "Sorgfalt" die Zeit nicht aber die Gruppe einen signifikanten Einfluss.

8. Diskussion der Studienergebnisse

Die Hypothese H1, dass bereits eine einmalige Bewegungsintervention „BrainMove“ zu einer messbaren Verbesserung der Aufmerksamkeits- und Konzentrationsleistung unmittelbar nach der Bewegungsintervention führe, konnte nicht aufrechterhalten werden. Es ließen sich zwar Effekte in der erwarteten Richtung nachweisen (siehe Vergleich der Mittelwerte), die aber nicht stark genug waren um den Zufall als Erklärungsursache auszuschließen.

Teilweise konnte die Hypothese H2, dass eine dreimal wöchentlich gesetzte Bewegungsintervention „BrainMove“ über sechs Wochen zu einer messbaren nachhaltigen Verbesserung der Aufmerksamkeits- und Konzentrationsleistung führe, bestätigt werden.

Weitere Analysen werden sich auf die Hypothese 3 und auf geschlechtsspezifische Unterschiede, Unterschiede zwischen Sportklassen und Regelklassen, wie sie in der Hypothese 4 beschrieben wurden, beziehen.

9. Praxisrelevanz

Was ist aber der Benefit für die SchülerInnen, die sich sechs Wochen diesem Bewegungsprogramm gestellt haben? Hat sich das Training gelohnt?

Weitere Berechnungen ergaben einen Leistungszuwachs von ca. 15,77 Prozent auf Grund der Testwiederholung bei der Vergleichsgruppe und einen daraus errechneten Leistungszuwachs von ca. 18,72 Prozent für die Interventionsgruppe. Durch “BrainMove” konnte somit bei den Kindern, unabhängig vom Effekt der Testwiederholung, eine Steigerung der Konzentration von ca. 2,95 Prozent erzielt werden.

10. Ausblick

Das Bewegungsprogramm “BrainMove” wird im Schulprogramm implementiert. Angedacht ist, die Wirkung dieser Übungen über einen Zeitraum von zwei Jahren mittels einer Längsschnittstudie mit derselben Stichprobe[2], zu ermitteln.

[2] 2 Wegen der außergewöhnlich hohen Behaltensquote an der Nahtstelle von der Unterstufe in die Oberstufe, die bei 70 % liegt, kann auch mit den Schülerinnen und Schülern der vierten Schulstufe das Längsschnittdesign erfolgen.

LITERATUR

Brandauer, Hannes/Pretis, Manfred/Kaschnitz, Wolfgang: ADHS bei Klein- und Vorschulkindern. Verlag München. 2003.

Brickenkamp, Rolf: Manual d2, Test d2 Aufmerksamkeits-Belastungstest; 9. überarbeitete und neu normierte Auflage. Hogrefe Verlag. Göttingen/Bern/Toronto/Seattle. 2002.

Dennison, Paul E.: Brain-Gym – Mein Weg. Kirchzarten bei Freiburg. 1985

Dennison, Paul E./Dennison, Gail E.: Brain-Gym Lehrerhandbuch, 7. Auflage. Kirchzarten bei Freiburg. 1995.

Korte, Martin: Wie Kinder heute lernen, Was die Wissenschaft über das kindliche Gehirn weiß; Das Handbuch für den Schulerfolg; Deutsche Verlags-Anstalt. 2009.

Memmert, Daniel/Weickgenannt, Jens: Zum Einfluss sportlicher Aktivität auf die Konzentrationsleistung im Kindesalter. Spectrum der Sportwissenschaft. 2006.

Spitzer, Manfred: Geist im Netz. Modelle für Lernen, Denken und Handeln; Spektrum. 2000.

Hottenrott, Kuno/Neumann, Georg: Trainingswissenschaft. Ein Lehrbuch in 14 Lektionen. Band 7. Meyer & Meyer Verlag. 2010.

Pschyrembel Klinisches Wörterbuch. 258. Auflage. Berlin: de Gruyter. 1998

ZUR AUTORIN/ZUM AUTOR

Mag. Dr. Gabriele BEER, Dipl. Päd.: Lehramt für VS, HS und PTS, Studium der Bildungswissenschaft und Sonder- und Heilpädagogik an der Universität Wien, Lehrende an der Kirchlichen Pädagogischen Hochschule Wien/Krems und Lehrbeauftragte an der Universität Wien, Mitglied des Arbeitskreises für empirische Pädagogische Forschung (AEPF), staatlich geprüfte Trainerin für Skilanglauf, Lehrwartausbildung für Mountainbike und Leichtathletik.

Mag. Daniela Nikl, Studium der Sportwissenschaften an der Universität Wien, Lehramtsstudium für Pädagogik, Psychologie und Philosophie wie auch Sport, staatlich geprüfte Trainerin für Eiskunstlauf, Nachwuchssportmultiplikatorin, Suchtberaterin, Lebens- und Sozialberaterin in Supervision.

Mag. Dr. Werner SCHWARZ, Studium der Sportwissenschaften an der Universität Wien, Lehramtsstudium für Mathematik und Sport an der Universität Wien, staatlich geprüfter Trainer für Skilanglauf und Mountainbike/Radsport. Direktor am Bundesgymnasium Zehnergasse Wiener Neustadt, Lehrbeauftragter an der Universität Wien, der Fachhochschule Wiener Neustadt, Referent in der Lehrerfortbildung, Ausbildner von Instruktoren und Trainern an der Sportakademie des Bundes, Referent in der Weiterbildung von Übungsleitern, Instruktoren und Trainern, Nachwuchssportmultiplikator, Vortragender an nationalen und internationalen Kongressen, Wissenschaftlicher Konsulent der UNIQA Versicherungen, Vital Club in Fragen zur Gesundheitsförderung.

Gabriele Beer, Werner Schwarz

Lernen und Bewegung – Schlaglichter auf den aktuellen Forschungsstand

Summary

„Jetzt könnt ihr wohl überhaupt nicht mehr aufpassen! Dann legen wir einmal für eine kurze Pause die Füllfeder weg und lassen die neuen Lernwörter alleine in den Heften und raus in den Hof zum Austoben!“ sprach die Lehrerin in einer kleinen Ortsvolksschule in der Buckligen Welt und einer der beiden AutorInnen durfte mit hinaus laufen. Nach einer fünfminütig bewegten Pause ging es zurück in die Klasse und weiter ging es mit dem Wörterlernen.

Was im folgenden Artikel ausgeführt wird, hat bereits als Meisterlehre seit vielen Jahren Bestand. Was LehrerInnen früherer Generationen auf Grund ihrer Einfühlsamkeit, Beobachtungen, Erfahrungen und ihres pädagogischen Wissens ableiteten, wird jetzt von der modernen Gehirnforschung bestätigt.

Der nachfolgende Beitrag steht unter der Absicht, die neuesten Erkenntnisse der Hirnforschung mit denen der Trainingswissenschaft zu verbinden, aufzubereiten und für die Schulpraxis nutzbar zu machen. Im ersten Abschnitt des Artikels werden die verwendeten Begriffe vorgestellt, festgelegt und im Bedeutungsumfang eingeschränkt. Der Hauptteil umfasst drei Themenblöcke. Der erste dieser beleuchtet die Sicht der Psychologie, Neurobiologie und Hirnforschung auf das Thema „Lernen“. Der zweite Themenblock stellt ausgewählte Literaturbefunde zur Schnittstelle „Lernen und Bewegung“ vor. Der dritte Themenblock beleuchtet die koordinativen Fähigkeiten, welche die Bewegungssteuerung und damit das Gehirn besonders in Beschlag nehmen und zitiert ausgewählte Befunde aus der trainingswissenschaftlichen Literatur dazu.

Begriffsbestimmung

Unter dem Begriff „*Bewegung*“ verstehen die VerfasserInnen dieses Artikels jegliche körperliche Aktivität, die unbedacht der Intentionalität gesetzt wird. Die Spanne reicht von Alltagsaktivitäten wie Aufstehen, Gehen, Heben, Tragen, Haus- und Gartenarbeit über Freizeitaktivitäten wie Spazieren, Wandern, Tanz und Spiel bis hin zu sportlichen Aktivitäten wie Mountainbiken oder Skilanglaufen.

Zu den Bewegungszeiten unserer Kinder und Jugendlichen, zur Integration von Bewegungsverhalten im Lebensstil, aber auch zur Wichtigkeit zur Bewegung in der Gesundheitsförderung wird in folgenden Artikeln dieser Ausgabe noch Stellung bezogen (vgl. *Fastenbauer* 2009, *Podolsky* 2011, *Pratscher* 2000).

Sport wird verstanden als jener Teilbereich der Bewegung, der von der Zweckmäßigkeit des Alltags freigesetzt ist und sich einem dem Sport innewohnenden Regelwerk einordnet. Sportliche Aktivitäten werden gesetzt aus Lust und Spaß an der Bewegung, um sich im Spiel mit anderen zu

vergnügen, um sich im Bewerb mit anderen zu vergleichen, um die Natur zu erleben und den Körper zu erfahren.
Sportliches Training ist ein nochmals verkleinerter Teilbereich von Bewegung, der durch die drei konstituierenden Merkmale der dosierten Wirksamkeit, systematischen Wiederholung und geplanten Langfristigkeit gekennzeichnet ist, um funktionelle und strukturelle Anpassungen mittelbar und unmittelbar zu bewirken, die nachhaltig erhalten bleiben.
Wenn die VerfasserInnen in diesem und in den nachfolgenden Artikeln von Bewegung sprechen, schließt das Sport und sportliches Training mit ein. Wird explizit von Sport und sportlichem Training gesprochen, werden diese Begriffe, wie oben definiert, verstanden.
Der Begriff *Lernen* „bezeichnet alle bewussten und unbewussten Prozesse des Erwerbs von geistigen oder körperlichen Fähigkeiten. Dazu zählen soziale und emotionale Kompetenzen ebenso wie das Auswendiglernen von Fakten oder das Fahren auf einem Einrad zu beherrschen. Lernen kann verstanden werden als kurzfristige oder langfristige Veränderung des Erlebens- und Verhaltensrepertoires, teilweise führen sogar kurzfristige oder einmalige Lernerfahrungen zu stabilen langfristigen Änderungen des Verhaltens. … Lernen findet auf Hirnebene statt“ (*Brand/Markowitsch* 2011, 6). „Gehirne lernen, indem sie ihre Synapsen und Dendriten umstrukturieren“ (*Korte* 2009, 164).
Unter *Gedächtnis* „wird allgemein die Ablagerung (Speicherung) erworbener Informationen, die als Erinnerung wieder rekrutierbar ist“ (*Markowitsch* 2005, 180) verstanden.

Exkurs: Lesen und Sport, Lernen und Training

Einer der beiden Verfasser dieses Artikels verwendet in Vorträgen, um die Begrifflichkeit auch anschaulich und betroffen machend vor allem bei den SchülerInnen und den Eltern zu verdeutlichen, den Vergleich von sportlichem Training und Lernen. Sport ist mit dem Lesen zu vergleichen, Training mit Lernen.
Bei einer Sporteinheit geht es vorrangig darum, dass man sich freudvoll bewegt, die Bewegung genossen wird, um der Bewegung willen. Beim Training bewege ich mich hauptsächlich um der Anpassung willen. Beim Sport = mittelbar jetzt mit dir passiert und wie er mir unmittelbar danach geht (bleibt ein gutes Gefühl über?). Sport ist Abenteuer im Körper, Lesen ist Abenteuer im Kopf. Es ereignet sich etwas beim Sport im Körper, beim Lesen im Kopf. Für Training gilt auch das bereits Gesagte, es kann Spaß machen, es bewirkt etwas. Aber darüber hinaus liegt beim Training das Hauptaugenmerk auf das Bewirken funktioneller und struktureller Anpassungen, um langfristig zu einer nachhaltigen Leistungsentwicklung zu kommen. Training ist Abenteuer im Körper und verändert. Genauso kann man den Unterschied von Lesen zu Lernen deutlich machen. Lernen ist mehr, es geht um Informationsaufnahme, Informationsverarbeitung und -speicherung, um sie dann nachhaltig immer abrufen zu können. Daher müssen sich Strukturen im Gehirn ändern, wie es beim Training z. B. in der Muskulatur passiert. Daher braucht aus Sicht der VerfasserInnen Lernen, wie eben auch sportliches Training, methodische Kennziffern der Wirksamkeit. Vergleichbar mit der Gewichtskennziffern beim Krafttraining oder den Herzfrequenzkennziffern beim Ausdauertraining für die Intensität des Belastungsreizes, sind Intensitätskennziffern für den Lernreiz gefordert.

Lernen und Gehirn

Zurückkommend zum oben genannten Begriffsverständnis findet Lernen auf Gehirnebene statt, dabei verändert jeder Lernvorgang unser Gehirn. Bei

Lernprozessen werden neue Verbindungen zwischen den Nervenzellen im Gehirn gebildet, längerfristig kann erfolgreiches Lernen sogar zu Größenveränderungen des Gehirns führen (vgl. *Brand/Markowitsch* 2011, 6). Im Zusammenhang mit Lernen ist eine häufig gestellte Frage, worauf Lernerfolge im Allgemeinen und Schulerfolge im Speziellen fußen. *Martin Korte* nennt in seinem Buch *Wie Kinder heute lernen* sieben Säulen des kindlichen Lernens. Diese sind im Einzelnen aufgezählt: Motivation und Konzentration, das kindliche Gedächtnis, persönliche Intelligenz und angesammeltes Wissen, emotionale Intelligenz, um im sozialen Gefüge zurecht zu kommen, mit Stress gut umgehen zu können, die Kernkompetenz Sprache sowie über die Lernbedingungen des eigenen
Geschlechts Bescheid zu wissen (vgl. *Korte* 2009, 31ff).
Eine weitere interessante Frage betrifft den Aspekt, wo Lernen im Gehirn stattfindet und welche Areale im Wesentlichen betroffen sind. In diesem Zusammenhang stellt *Manfred Spitzer* in seinem Buch *Lernen – Gehirnforschung und die Schule des Lebens* fest: „Tief im Inneren des Gehirns, genau genommen an der Innenseite des Schläfenlappens der Großhirnrinde, liegt jeweils rechts und links der Hippokampus … Der eigenartige griechische Name heißt wörtlich übersetzt *Seepferdchen*, wenn auch die Form dieses Gehirnteils nur mit sehr viel Phantasie an ein solches erinnert. Seit etwa einem halben Jahrhundert ist bekannt, dass diese Struktur für das Lernen sehr wichtig ist: Soll ein neuer Sachverhalt gelernt werden, so muss er erst einmal vom Hippokampus aufgenommen werden“ (*Spitzer* 2009, 22).
Auch das Gedächtnis ist im Gehirn lokalisiert. Dazu schreiben *Brand* und *Markowitsch*, „für Lernen und Gedächtnis sind … insbesondere die Strukturen des medialen Schläfenlappens wichtig. Diese Strukturen – vorrangig die Hippocampusformation und der Mandelkern (Amygdala) – fasst man gemeinsam mit weiteren Kernen und Faserverbindungen des Vorderhirns, aber auch des Zwischenhirns, als `limbisches System´ zusammen“ (*Brand/Markowitsch* 2011, 11). Die nachfolgenden Abbildungen sollen einen ersten Überblick und eine erste Orientierung geben.

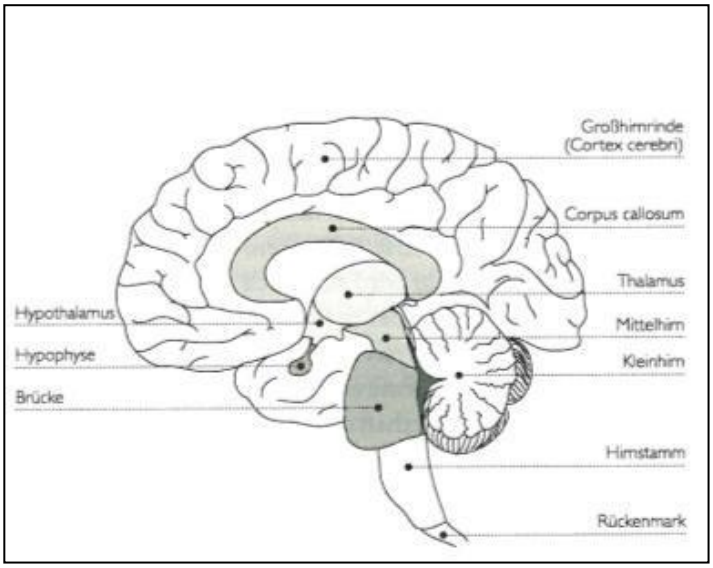

Abb. 1: Das menschliche Gehirn (*Korte* 2009, 64)

Der oben gezeigte Gehirnschnitt macht die Komplexität der inneren Organisation unseres Gehirns deutlich. Die Großhirnrinde überwölbt alle darunterliegenden Gehirngebiete. Informationen von den Sinnesorganen, wie Sehen, Hören, Berührung, Schmerz und Informationen über Bewegung gelangen in den Thalamus, der ersten großen Filterstation für eingehende Informationen in den Körper. Vom Thalamus werden eingehende Signale an zuständige Großhirnareale weitergeleitet. Bewegungen des Körpers beispielsweise werden in der Großhirnrinde angeregt und vom Kleinhirn konkret geplant. Vom Kleinhirn aus reichen sie über Brück- und Rückenmark und letztendlich über die motorischen Nerven als Stromsignale die Muskeln. Hypothalamus und Hypophyse andererseits steuern den Hormonhaushalt des Körpers. Im Hirnstamm ist die Steuerung der basalen Lebensfunktionen wie beispielsweise Atmung, Herzschlag, Schlaf-Wachrhythmus, lokalisiert. Der Hirnstamm ist auch im Zusammenhang für Lernen, Schule aber auch für die nachfolgenden Artikel zur Aufmerksamkeit und Bewegung ein ganz wichtiges Hirnareal. Er ist verantwortlich für die generelle Aufmerksamkeit (vgl. *Korte* 2009, S. 64).

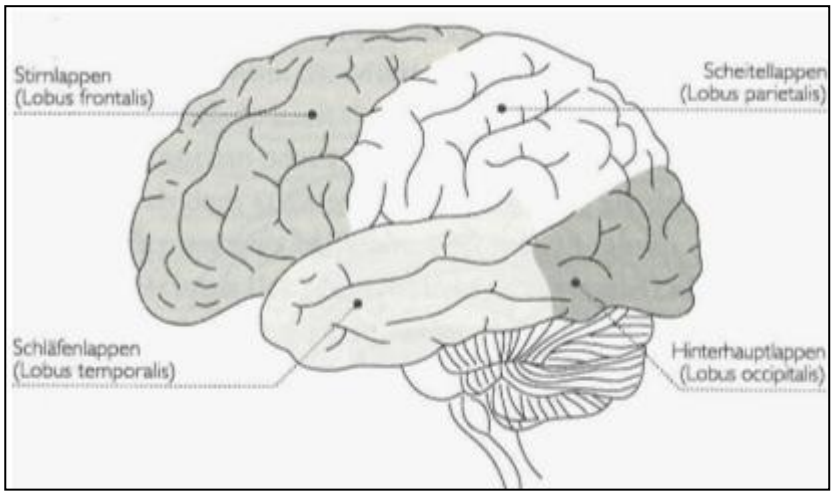

Abb. 2 Räumliche Gliederung der Großhirnrinde (*Korte* 2009, 65)

Die Großhirnrinde, Cortex, ist in vier große Areale unterteilt. Im Hinterhauptlappen findet ein großer Teil von Sehinformationen statt, im Schläfenlappen werden Berührungen der Haut verarbeitet und dort ist unser räumliches Vorstellungsvermögen repräsentiert. Im Schläfenlappen werden Laute wahrgenommen, die mentale Objekterkennung erfolgt hier und Wörter bekommen hier ihre Bedeutung. Der beim Menschen auffällig große Stirnlappen ist die oberste Steuerzentrale für Bewegung, Handlung, Denken und Planen (vgl. *Korte* 2009, 65). In der neuen Literatur ist zu finden, dass die sogenannten exekutiven Funktionen ebenfalls im Stirnlappen lokalisiert sind. Unter den exekutiven Funktionen werden so komplexe Leistungen wie die Problemlösekompetenzen, kognitive Flexibilität und zielgerichtetes Denken zusammengefasst. Ein wichtiger Teil des Stirnlappens, „den man auch zum sogenannten `*expanded limbic system*' zählt, ist der orbitofrontale Cortex, der eine wesentliche Rolle bei Lern- und Gedächtnisvorgängen spielt. Dieser Teil des Stirnlappens wird auch als Ort des Geschehns für die Verarbeitung von Informationen mit Bezug zum eigenen Selbst, vorausschauendes Denken und Entscheidungsfindung genannt. Er weist starke Verbindungen mit Mandelkernen und Dopaminsystem auf. Im Zusammenhang mit Lernen von

Kindern und Jugendlichen sowie mit Schule ist anzumerken, dass der orbitofrontale Cortex gemeinsam mit der Amygdala und weiteren limbischen Strukturen für die Emotionsverarbeitung, Wertorientierung und Bewertung zuständig ist (vgl. *Brand/Markowitsch* 2011, 52).

Das Frontalhirn ist der Bereich, der für funktionierendes Sozialverhalten und für die Empathie, das Sich-in-andere Hineinversetzen, zuständig ist. Im Frontallappen ist der Kontext des Handelns repräsentiert und er ist diejenige hierarchisch geordnete Struktur von Fakten, Zielen, Gefühlen und Randbedingungen, die Handlungen leiten. Ein Teil dieses Kontextes sind die Mitmenschen so wie die Einschätzung von deren Gedanken, Zielen und Bedürfnissen. Des Weiteren sind hier die sogenannten frontalen Funktionen wie Arbeitsgedächtnis, Hemmung, Kontext, Überbrückung von Zeit, Sozialverhalten und vor allem Bewertungen und Werteorientierung lokalisiert (vgl. *Spitzer* 2009, 331 f).
Schlussendlich und ganz wesentlich im Bezug zum Thema *Lernen und Bewegung in der Schule*, ist anzumerken, dass der präfontale Cortex mit seiner Wichtigkeit für Lernen, Denken, Handlungsentscheidung, Bewertung und Werteorientierung erst sehr spät in der Entwicklung `online´ geht. *Korte* merkt in diesem Zusammenhang an: „Kindergehirne arbeiten langsamer und weniger effizienter als Gehirne von Erwachsener. Selbst mit fünf Jahren verfügen Kinder über noch zu viele Leitungsbahnen, mit denen sie gleiche Informationen verarbeiten. Das ist zwar nützlich, da noch viele Wege befahren werden können, aber eben wenig effizient. Die Reifung des Gehirns geht einher mit dem Zurückziehen nicht benötigter Axiome und Dendriten sowie der Myelisierung von
Axomen einher … Erst mit dem zwölften Lebensjahr erreicht die Leitungsgeschwindigkeit der Nervenfasern das Niveau eines erwachsenen Gehirns. … Erst mit 15 Jahren wenn eine weitere Effizienssteigerung stattgefunden hat und das Arbeitsgedächtnis leistungsfähiger geworden ist, erreichen sie deren [der Erwachsenen, Anmerkung der Verfasser] Geschwindigkeit. Die größere Effizins ab dem 15. Lebensjahr hängt mit der Verschaltung verschiedener Gehirnareale zusammen, während der größere Arbeitsspeicher es erlaubt mit mehrern mentalen Objekten gleichzeitig zu operieren. Letzteres geht einher mit einer sehr späten Reifung bestimmter Regionen im Stirnlappen. Die Aufbauphase dieser Bereiche dauert noch bis in die Pubertät hinein an. Es wird vermutet, dass die Umbauphasen in diesem Teil des Gehirns maßgeblich für Probleme wie mangelnde Emotionskontrolle und die Unfähigkeit, langfristige Ziele zu verfolgen, verantwortlich sind, die pubertierende
Kinder – und die Eltern mit ihnen – haben. … Im Stirnlappen erreichen die Synapsen erst ab dem siebten Lebensjahr ihre höchste Dichte. … Abschließend werden die effizienten von den nutzlosen Verbindungen getrennt und erst zwischen dem 12. und 14. Lebensjahr wird das Erwachsenenniveau erreicht. Auch das Einwachsen von Nervenfasern in den Stirnlappenbereich, die den Botenstoff Dopamin ausschütten, geht nur sehr zögerlich voran. Ihre Myelinisierung wird noch bis in das 20. Lebensjahr hin andauern“ (*Korte* 2009, 99f).

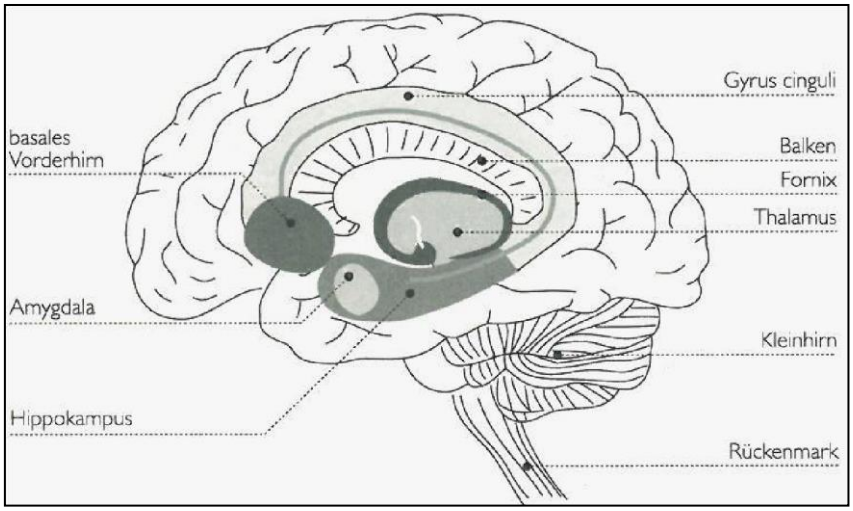

Abb. 3 Limbische Strukturen (*Korte* 2009, 66)

Das limbische System bildet eine ringförmige Ansammlung von Gehirnstrukturen, die den Balken – eine Art Datenautobahn zwischen den beiden Großhirnhemisphären – umgeben. Wie oben festgehalten, sind besonders der Hippokampus und die Amygdala von wesentlicher Bedeutung für Lernprozesse. Der Gyrus Cinguli ist eine der fundamentalen Strukturen für die gefühlsmäßige Bewertung von Informationen (vgl. *Korte* 2009, 66).

Lernen und Gedächtnis

Der Vorgang des Lernens kann auch beschrieben werden als der Vorgang von Informationsaufnahme, Informationsbearbeitung und Informationsspeicherung. *Brand* und *Markowitsch* geben in ihrem Handbuch mit dem Titel *Lernen und Gedächtnis* auf den Prozesse der Informationsverarbeitung ein und zeigen in einer Abbildung die Abfolge bei der Bildung neuer Gedächtnisinhalte auf.

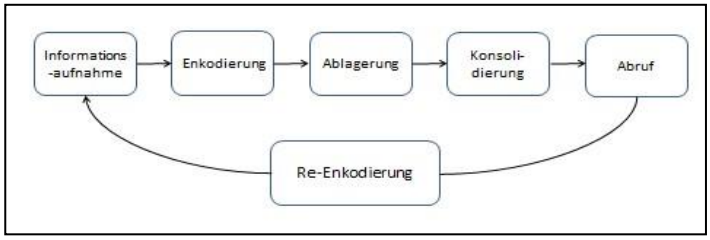

Abb. 4: Die Prozesse der Informationsverarbeitung bei der Bildung neuer Gedächtnisinhalte. (*Brand/Markowitsch* 2011, 35)

Zunächst erfolgt die *Informationsaufnahme* über die Sinnesorgane. Die lassen einen sensorischen Eindruck entstehen, der nur über wenige Millisekunden abgebildet wird. Dann kann die Information – wenn ihr Aufmerksamkeit geschenkt wird – ins Arbeitsgedächtnis eingespeichert werden. Dieser Vorgang wird als *Enkodierung* bezeichnet. „Die eingespeicherten Inhalte müssen daraufhin konsolidiert, d.h. gefestigt werden. Dies geschieht insbesondere durch eine weitere und elaborierte Verarbeitung (Prozess der Konsolidierung). Die längerfristige Speicherung wird häufig auch Ablagerung der Information genannt. Gespeicherte Inhalte können grundsätzlich abgerufen, d. h. erinnert

werden (Abruf). … Jeder Abruf von Inhalten aus dem Gedächtnis führt wiederum zur `neuen´ Einspeicherung (Re-Enkodierung), die zu einer festeren und stabileren Ablagerung führt“ (*Brand/Markowitsch* 2011, S. 35). Ablagerung findet in den Gedächtnissystemen des Gehirns statt. In der Literatur findet man die Begriffsunterscheidung zwischen Kurz- und Langzeitgedächtnis. Im Alltagsverständnis wird das Kurzeitgedächtnis in Bezug auf Kapazität und Dauer oft überschätzt. „In der psychologischen Gedächtnisforschung definiert man Kurzzeitgedächtnis deutlich restriktiver – auf ca. 40 Sekunden (bis maximal wenige Minuten je nach Autor). Wird Information über dieses kurze Zeitintervall hinausgehend mit Aufmerksamkeit bedacht und tiefer verarbeitet (konsolidiert), gelangt sie ins Langzeitgedächtnis“ (*Brand/Markowitsch* 2011, 36). Das Arbeitsgedächtnis hat auch eine sehr begrenzte Inhaltskapazität von etwa sieben plus/minus zwei einzelne Gehalte wie beispielsweise Ziffern, neben dem schon erwähnten kurzen Zeitfenster über meist nur wenige Sekunden (vgl. *Spitzer* 2010, S. 5). Der Übergang von Informationen aus dem Kurzzeitgedächtnis in das Langzeitgedächtnis geht nicht passiv von Statten. Viel mehr gilt, dass die zu lernenden Informationen mit Aufmerksamkeit versehen, bearbeitet, ausgearbeitet, nachgearbeitet werden müssen. Eine solche elaborierte Verarbeitung geschieht in einer Art Sonderform des Kurzzeitgedächtnisses, dem sogenannten Arbeitsgedächtnis. Dieses Gedächtnis bezeichnet jenen Teil unseres geistigen Lebens, der mit Inhalten hantiert, sie neu ordnet und verknüpft. Im Arbeitsgedächtnis können Informationen aktiv gehalten und manipuliert werden (vgl. *Spitzer* 2010, S. 5 und auch *Brand/Markowitsch* 2011, S. 36).
Eine Abbildung, in der ein Überblick zur Informationsverarbeitung im menschlichen Gehirn in einer Modellvorstellung präsentiert wird, gibt *Markowitsch* in seinem Buch *Dem Gedächtnis auf der Spur.*

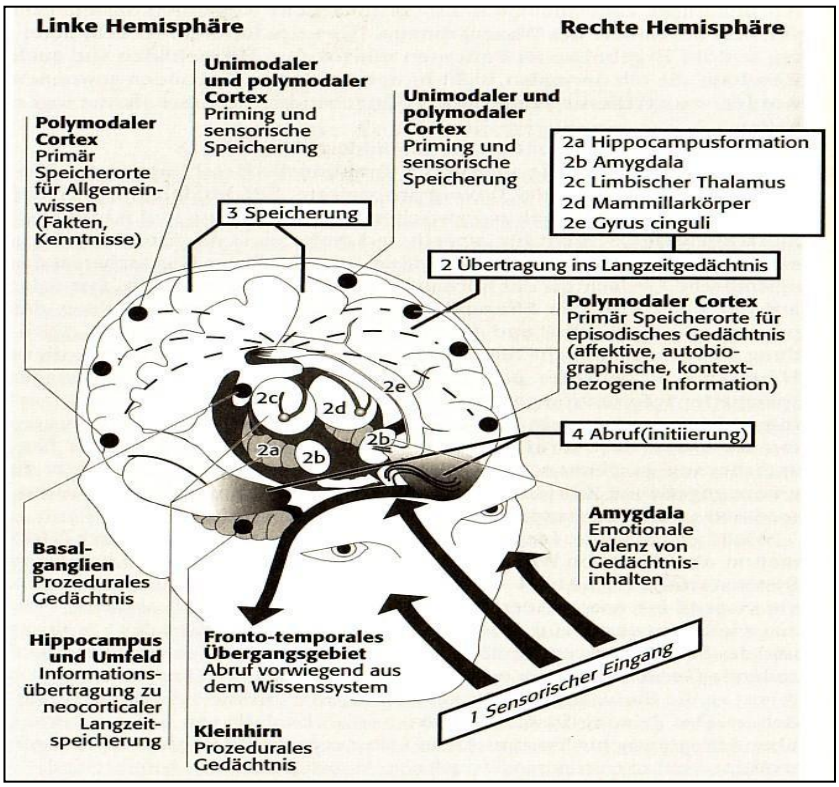

Abb. 5: Vorstellung der Informationsverarbeitung im menschlichen Hirn (*Markowitsch* 2005, S. 104)

Diese Abbildung wird von *Markowitsch* folgend erläutert.

„Information gelangt über die Sinnessysteme in die corticalen Regionen, die für eine kurzzeitige („on-line") Verarbeitung zuständig sind (1). Diese liegen in Teilen des Scheitellappens und des Stirnlappens und des Stirnhirns. Dann wird episodische Information und Information des Wissenssystems in das Limbische System (3) weitergeleitet, wo eine Bewertung hinsichtlich biologischer und sozialer Relevanz der neuen Information stattfindet. Information aus diesen Gedächtnissystemen, die als bedeutend erkannt wird, wird hemisphärenspezifisch auf neocorticaler Ebene abgelagert. Hierbei hat die rechte Hirnhälfte eine Präferenz für episodisch-autobiographische und die linke für die Information des Wissenssystems (2). Der Abruf aus diesen beiden Gedächtnissystemen erfolgt gleichfalls hemisphärenspezifisch, wobei eine Kombination von Regionen des Stirnhirns und des vorderen Schläfenlappens als `Àbrufinitiator´(„Triggerregion") wirkt (4). Für die anderen Gedächtnissysteme (Primingsystem, prozedurales Gedächtnis) sind die wichtigen Strukturen aufgeführt" (*Markowitsch* 2005, 105).

Bei der langfristigen Informationsspeicherung werden zurückgehend auf *Tulving* von *Brand/Markowitsch* im bereits genannten Handbuch fünf Systeme des Langzeitgedächtnisses unterschieden. Im Episodischen Gedächtnis sind Ereignisse unserer eigenen Biografie abgelegt. Diese biografischen Ereignisse sind mit klaren Raum-, Zeit- und Situationsbezug verbunden. Im Semantischen Gedächtnis, auch Wissenssystem genannt, sind verbalisierte Fakten und andere Wissenseinheiten gespeichert. Diese Fakten können explizit abgerufen werden, ohne dass der Kontext der Informationsaufnahme bzw. -einspeicherung erinnert wird. Das Perzeptuelle Gedächtnis, erst nachträglich von *Tulving* und Brand/*Markowitsch* in die Systematik aufgenommen, ermöglicht das Erkennen von Objekten, Personen, Tönen und anderen Reizen auf Grund eines Vertrautheits- oder Bekanntheitsgefühls. Das vierte Langzeitgedächtnissystem wird von den genannten Autoren Priming („Bahnung") genannt. Man versteht darunter eine bessere Wiedererkennungsleistung von zuvor unbewusst Wahrgenommenen. Abschließend wird das Prozedurale Gedächtnis genannt, das weitgehend unbewusst arbeitet. Es beinhaltet die motorischen Fertigkeiten und kognitive Routinehandlungen (vgl. *Brand/Markowitsch* 2011, S. 40 f). *Korte* geht von vier Gedächtnissystemen des menschlichen Gehirns aus. In der nachfolgenden Abbildung stellt er diese vier Systeme mit den ihnen zugeordneten Gehirnstrukturen vor.

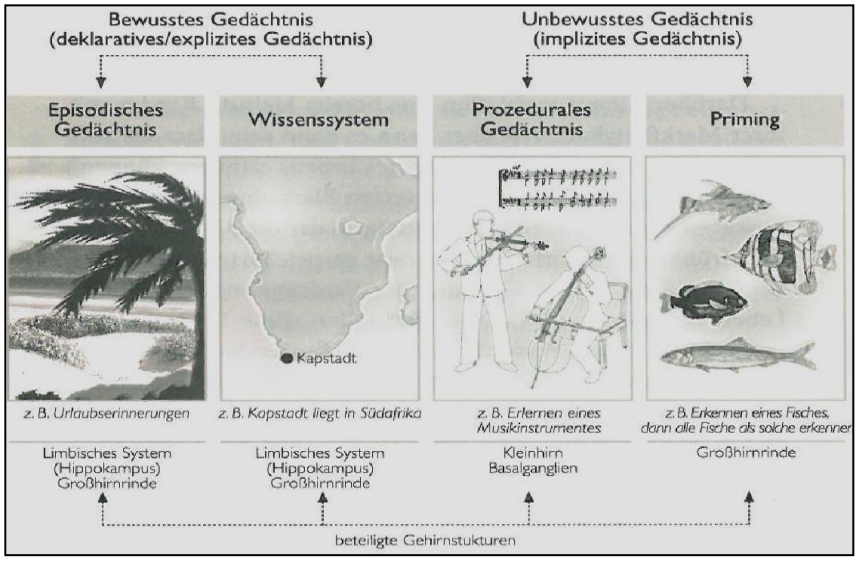

Abb. 6 Die vier Gedächtnissysteme des menschlichen Gehirns (*Korte* 2009, 60)

Lernen und Bewegung

Ratey und *Hagermann* schreiben in dem Buch mit dem deutschen Titel *Superfaktor Bewegung* zum Thema Lernen und Bewegung: „Sie wissen nun wie körperliche Betätigung das Lernvermögen auf drei Ebenen verbessert: Erstens optimiert sie ihre geistige Haltung durch Verbesserung der Wachsamkeit, Aufmerksamkeit und Motivation. Zweitens bereitet sie Nervenzellen darauf vor und unterstützt sie, sich miteinander zu verbinden, was die zelluläre Grundlage für die Aufnahme neuer Informationen ist. Drittens fördert sie im Hippocampus die Entwicklung neuer Nervenzellen aus Stammzellen“ (*Ratey/Hagermann* 2009, 70 f). Die zitierten Autoren liefern an vielen Stellen in dem genannten Buch Begründungen für ihre Thesen. So schreiben sie beispielweise zur verstärkten Durchblutung des Gehirns bei Bewegung „Sie wissen inzwischen, dass die Funktion des Gehirns darin besteht, Informationen von einer Synapse zu anderen weiterzuleiten, und dass dazu Energie erforderlich ist. Da körperliche Bewegung oder Sport den Stoffwechsel beeinflussen, sind sie ein wirksamer Weg, um die synaptische Funktion zu verändern und damit die Art und Weise, wie wir denken und fühlen. Körperliche Bewegung oder Sport erhöhen im ganzen Körper die Durchblutung und damit die Verfügbarkeit von Glukose, jenem lebenswichtigen Element für das Leben der Zellen. Mehr Blut bedeutet, dass mehr Sauerstoff transportiert wird, den die Zellen benötigen, um Glukose in ATP umzuwandeln und sich selbst zu ernähren. Das Gehirn verlagert den Blutfluss vom frontalen Kortex zum Mittelhirn, wo jene Strukturen lokalisiert wird, über die wir so viel gesprochen haben: Amygdala und Hippocampus“ (*Ratey/Hagermann* 2009, 99).
Literaturbefunde zeigen die Wechselwirkungen zwischen der Muskulatur und dem Gehirn einerseits und die Auswirkungen von Bewegung und Sport auf Aufmerksamkeit und Lernen andererseits klar und deutlich auf. „Von der verbesserten Hirndurchblutung und Produktion neuronaler `Hardware` (durch Bewegung und Sport, Anmerkung der Verfasser) profitiert laut Tierstudien offenbar besonders die Lern- und Gedächtniszentrale im Schläfenlappen, der Hippocampus. So ergab eine 2008 von Forschern der Universität Schanghai veröffentlichte Untersuchung, dass moderates Lauftraining von fünf Wochen alten Ratten vor allem im Gyrus dentatus anschlägt – einem wichtigen Abschnitt des Hippocampus. Ein erhöhter Pegel von Botenstoffen wie VGF (Vascular Growth Factor) sowie BDNF (Brain Derived Neurotrophic Factor) führte dort zu vermehrter Neurogenese, dem Wachstum neuer Nervenzellen. Zu viel des Guten wirkte allerdings hinderlich. Bei exzessivem Rennen ging die Bautätigkeit im Gehirn der Nager zurück“ (*Ayan* 2009, 34). Diese Ergebnisse sind laut aktuellsten Forschungen nicht nur auf Tiere beschränkt sondern auch auf Menschen übertragbar. „Eine bahnbrechende Studie von Arthur Kramer von der University of Illionois, die 2006 veröffentlich wurde, nutzte MRT-Aufnahmen, um zu zeigen, dass simples Gehen an nur drei Tagen in der Woche über den Zeitraum von sechs Monaten das Volumen des präfrontalen Cortex bei älteren Erwachsenen erhöhte. Und als er Aspekte ihrer Exekutiven Funktion untersuchte, zeigten sie Verbesserungen im Kurzzeitgedächtnis, wobei sie reibungslos zwischen Aufgaben wechseln und irrelevante Reize ausblenden konnten“ (*Ratey/Hagermann* 2009, 196f).

Aktuelle Studien der Molekularbiologie der Arbeitsgruppe um die dänische Forscherin *Bente Pedersen* belegen, dass die Muskeln bei Bewegung Botenstoffe produzieren, die zum Teil in der Muskulatur wirksam werden aber auch bis ins Gehirn kommen und dort Wirksamkeit entfalten. Auf Grund der Botenstoffe erzielt man mit sehr wenig Bewegung sehr viel an positiven Effekten. Dieser Erkenntnisse lassen die jahrzehntelang bestehende Forderung nach bewegten Pausen unter einem neuen Gesichtspunkt erscheinen. Auf der Seite *Aus der Forschung* ist unter dem Titel *Wie unsere Muskeln unser Leben beeinflussen* unter anderem zu lesen: „Wissenschaftler haben entdeckt, dass die Skelettmuskeln bei körperlicher Aktivität eine Vielzahl von Botenstoffen aussenden, die einen ungeahnten Einfluss auf unsere Gesundheit haben. Jetzt ist man diesem Mechanismus auf der Spur. Das Zentrum der Erforschung dieser geheimnisvollen Botenstoffe liegt in Dänemark. In Kopenhagen wird möglicherweise gerade Medinzingeschichte geschrieben. Denn hier hat die Internistin *Bente Klarlund Pedersen*, Reichshospital Kopenhagen, einen Teil der Sprache der rätselhaften Botenstoffe der Muskeln entschlüsselt. … Bente Pedersen hat ihnen den Namen Myokine gegeben“ (*Pedersen*, 2011). Auch die bereits genannten Autoren *Ratey* und *Hagermann* stellen die Wirkungen von Bewegung auf den Stoffwechsel und die Produktion von Botenstoffen mit wesentlichen Wirkungen im Gehirn vor. „Darüber hinaus wird durch körperliche Bewegung der IGF-1-Spiegel erhöht, was dem Insulin hilft, den Glukosespiegel zu kontrollieren. … Faszinierend ist, dass die IGF-1 im Hippocampus die LangzeitPotenzierung (LTP), die Neuroplastizität und die Neurogenese erhöht. Dies ist ein weiterer Weg, wie körperliche Bewegung den Neuronen hilft, sich anzubinden. Durch Sport werden auch FGF-2 und VEGF produziert, wodurch im Gehirn neue Kapillaren aufgebaut werden und das Gefäßsystem erweitert wird. Mehr Straßen und vor allem größere „Straßen“ bedeuten eine bessere Durchblutung. Gleichzeitig erhöhen aerobe Übungen die BDNF-Produktion. Zusammengenommen stellen diese Faktoren eine Kombination von Kräften dar, die dafür sorgen, dass das Gehirn sich optimal entfaltet und die schädigenden Effekte von chronischem Stress nicht zum Tragen kommen. Darüber hinaus kurbeln sie nicht nur die zellularen Reparaturmechanismen an, sondern halten auch das Cortisol unter Kontrolle und erhöhen darüber hinaus den Spiegel unserer regulierenden Neurotransmitter Serotonin, Noradrelanin und Dopamin“ (*Ratey/Hagermann* 2009, 100).

Aufmerksamkeit, Lernen und Bewegung

Die im vorigen Kapitel genannten Studien zeigen den Einfluss der durch Bewegung erzeugten Botenstoffe aus der Muskulatur auf den Stoffwechsel und auf die Strukturen im Gehirn, also die Wechselwirkung von Muskulatur und Gehirn. Darüber hinaus interessiert der Zusammenhang von Bewegung und Aufmerksamkeit. Bevor auf diesen Zusammenhang näher eingegangen werden noch die Begriffe Aufmerksamkeit und Konzentration näher beleuchtet. Während in der Alltagssprache die Begriffe Aufmerksamkeit und Konzentration weder klar voneinander unterschieden noch in eindeutiger Weise definiert

werden, trennt ein Ansatz im wissenschaftlichen Diskurs beide Begrifflichkeiten deutlich voneinander. „Dabei bezieht sich die Aufmerksamkeit immer auf das Wahrnehmen und die Konzentration immer auf das Arbeiten (…)“ (*Memmert/Weickgenannt* 2006, 77). „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, 80). Dieser Auffassung schließen sich die VerfasserInnen dieses Artikels an. Im Artikel Studie “BrainMove – bewege dich schlau” wird die Aufmerksamkeit noch einmal thematisiert und auch dort wird vom oben genannten Begrifssverständnis ausgegangen.

Spitzer stellt in diesem Zusammenhang einen stärkeren Bezug zum Lernen her. „Das Ausmaß des Behaltens von dargebotenem Material ist abhängig davon wie sehr wir uns diesem Material zuwenden, d. h. von Aufmerksamkeitsprozessen“ (*Spitzer* 2009, 155). Anders ausgedrückt geht es um das Schaffen von Lernvoraussetzungen. Verbessertes Behalten von bestimmten

Inhalten ist laut *Spitzer* aus neurobiologischer Sicht „erstens die allgemeine Wachheit oder Vigilanz und zweitens die selektive Aufmerksamkeit auf einen bestimmten Ort, Aspekt oder Gegenstand der Wahrnehmung. Während die Vigilanz die Aktivierung des Gehirns überhaupt betrifft, bewirkt die selektive Aufmerksamkeit eine Zunahme der Aktivierung genau derjenigen Gehirnareale, welche die jeweils aufmerksam und damit bevorzugte Informationen bearbeiten“ (*Spitzer* 2009, 155).

Martin Korte schreibt unter dem Titel *Lernen und Aufmerksamkeit*, dass sich ungeteilte Aufmerksamkeit vorteilhaft auf das Lernen auswirkt. Er begründet seine Aussage damit, dass es, hirntechnisch betrachtet, beim Lernen zu einer Veränderung an den Synapsen kommt, allerdings nur dann, wenn die Synapsen aktiv sind. „Je aktiver ein neuronales Netzwerk ist, umso leichter können Informationen in ihm gespeichert werden. Und genau hier scheinen die Gehirnmechanismen einzugreifen. Selektive Aufmerksamkeit führt zu einer Aktivitätssteigerung in den Arealen, die bestimmte Sinnesreize verarbeiten“ (*Korte* 2009, 51). Auch *Spitzer* schlägt in dieselbe Kerbe „Lernen bedeutet Modifikation synaptischer Übertragungsstärke. Solche Modifikation findet nur an Synapsen statt, die aktiv sind. … Wer aufmerksam ist, der lernt auch mehr“ (*Spitzer* 2009, 146).

Im Artikel *Zum Einfluss sportlicher Aktivität auf die Konzentrationsleistung* im Kindesalter stellen *Memmert* und *Weickgenannt* die Ergebnisse einer Studie vor. „Die Kontrollvariablen zeigen einen signifikanten Einfluss auf die konzentrative Leistung. Kinder, die sportlich aktiver sind, besitzen in der Regel höhere Konzentrationswerte als weniger aktive Kinder. … Die Ergebnisse hinsichtlich einzelner Teilkonzentrationswerte weisen darauf hin, dass es von Vorteil sein könnte, wenn Kinder frühzeitig in Sportangeboten lernen, sich

schnell in wechselnden dynamischen Situationen zurecht finden, in denen sie ihre Konzentration immer wieder auf neue Objekte richten müssen“ (*Memmert/Weickgenannt* 2006, 77).

Koordinativ herausfordernde Bewegung und Konzentration

Wenn Konzentration als eine wesentliche Voraussetzung für erfolgreiches Lernen gesehen wird, und wenn Konzentration mit der Aktivität von Synapsen gleichgesetzt wird, wie oben festgehalten, dann gilt es für aktive Synapsen zu sorgen, wenn man gut lernen will. Genau diese Aktivität von Synapsen in vielen für das Lernen wichtigen Arealen, lässt sich durch Bewegung erzielen. Nach Einschätzung der VerfasserInnen scheinen es koordinativ herausfordernde Bewegungen zu sein, die viele Areale in unserem Gehirn ansprechen und die Synapsen der dortigen Netzwerke aktivieren. Diese Einschätzung wird durch folgenden Literaturbefund gestärkt: „Während aerobe Übungen den Spiegel an Neurotransmittern erhöhen, neue Blutgefäße entstehen lassen, die Wachstumsfaktoren einleiten und zur Zellvermehrung beitragen, sorgen komplexe Aktivitäten dafür, dass all diese Dinge durch eine Stärkung und Erweiterung der Netzwerke aktiv genutzt werden. Je komplexer die Bewegungen, desto komplexer die synaptischen Verbindungen. Auch wenn diese Schaltkreise durch Bewegung entstehen, können sie von anderen Regionen rekrutiert und zum Denken genutzt werden“ (R*atey/Hagermann* 2009, 73).
Die oben angesprochenen komplexen Aktivitäten verstehen wir in Anlehnung an die trainingswissenschaftliche Literatur als koordinativ herausfordernde Bewegungen. Die genannte Anlehnung bezieht sich auf den Fachbegriff “Koordinative Fähigkeiten” der Trainingswissenschaft. Dort werden die koordinativen Fähigkeiten neben den konditionellen Fähigkeiten den motorischen Fähigkeiten untergeordnet. Diese wiederum werden in vielen Modellvorstellungen als einer von vier Faktoren der sportlichen Leistungsfähigkeit genannt. Die Abbildung 6 zeigt ein Modell der Komponenten der sportlichen Leistung.

Abb. 7: Modell der Komponenten der sportlichen Leistung (vgl. Bachl/Schwarz/Zeibig 2005, 196)

Abbildung 8 gibt das Strukturmodell der motorischen Fähigkeiten, in denen die koordinativen Fähigkeiten als eine Komponentengruppe neben den konditionellen Fähigkeiten genannt sind, wieder.

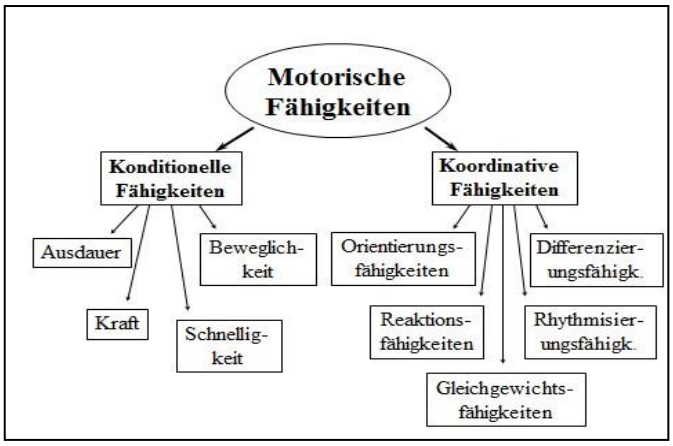

Abb. 8: Strukturmodell der motorischen Fähigkeiten (vgl. Bachl/Schwarz/Zeibig 2005, 197)

„Koordinative Fähigkeiten sind einzelne Aspekte der Bewegungssteuerung, die in der Qualität ihrer Ausführung als überdauernde Verhaltensdisposition betrachtet werden" (*Hohmann/Lames/Letzelter* 2010, 106). In einem weiteren Standardwerk der trainingswissenschaftlichen Literatur werden die koordinativen Fähigkeiten als ein eigener Bestandteil der motorischen Basisfähigkeiten definiert. Sie äußern sich im „Prozess der Informationsaufnahme (Sensorik), Informationsverarbeitung und -speicherung sowie der Informationsumsetzung (Sensomotorik)" (*Hottenrott/Neumann* 2010, 203).
Bewegungen werden koordinativ herausfordernd, indem sie hohe Anforderungen an die Informationsaufnahme und -verarbeitung, an die Gleichgewichtsfindung und -erhaltung und unter erhöhten Druckbedingungen durchgeführt werden. Eine Modellvorstellung des Zustandekommens von koordinativen Anforderungen gibt die nachfolgende Abbildung.

Abb.9: Koordinative Anforderungen von Bewegungsanforderungen (*Hottenrott/Neumann* 2010, 205)

Bewegungsaufgaben, die koordinativ herausfordernd sind, brauchen von der Handlungsentscheidung über die Bewegungsplanung und -programmierung der Muskeleinsätze bis hin zur Ansteuerung der Muskelgruppen für die Bewegungsausführung und dazu begleitend notwendige Gleichgewichtserhaltung, weitreichendste Teile des neuronalen Netzwerkes in unserem Gehirn. So wie Lernen scheint auch Bewegen nicht einem oder wenigen Orten im Gehirn zugeordnet zu sein, von der Großhirnrinde bis in die tiefen Zentren im Kleinhirn, sondern ist eine Leistung großflächig verteilt über das neuronale Netzwerk im Gehirn. Diese wichtige Gemeinsamkeit von Bewegung und Lernen ist nach Ansicht der VerfasserInnen das Fundament der engen Wechselwirkung zwischen Bewegung und Lernen, wie sie an vielen Stellen in diesem Artikel bereits aufgezeigt wurden.
Bewegungsausführungen sind koordinativ anspruchsvoll, wenn sie hohe Anforderungen an das Informationsaufnahme und -verarbeitungssystem aus dem optischen, akustischen, taktilen, kinästhetischen und vestibulären Bereich und/oder hohe Gleichgewichtsanforderungen stellen und/oder unter Druckbedingungen wie Präzisions-, Zeit-, Komplexitäts-, Situations- und Belastungsdruck ausgeführt werden müssen.
AutorInnen, die die Schnittstellen von Bewegung und Lernen beleuchten, gehen auch von von koordinativ herausfordernden Bewegungen aus, wenn auch unter Verwendung einer anderen Begriffsystematik. So erstellt beispielsweise *Dennison* ein System von 26 Brain-Gym-Übungen, viele davon sind der obigen Systematik folgend klar in den Bereich der korrdinativ anspruchsvollen Übungen einzureihen. *Paul E. Dennison* erklärt in einem seiner vielen Bücher, wie BrainGym Übungen das Lernen fördern. „Auf der Basis meiner Beschäftigung mit der Hirnforschung habe ich die Hypothese aufgestellt, dass Brain-Gym wirkt, dass es neuronale Pfade oder Bahnen für das Lernen anlegt“ (*Dennison* 2006, 43) Der Autor benennt drei Pfade, auf denen über Bewegung Zugang zu den Gehirnfunktionen gewonnen werden kann. Diese Pfade folgen den drei Raumdimensionen, den Dimensionen ordnet er Begrifflichkeiten zu: Dimension der Fokussierung, Dimension der Zentrierung und Dimension der Lateralität (vgl. *Dennison* 2006, 43ff). Um den Zugang über die drei Pfade zu erreichen, gibt *Dennison* einen Katalog mit den bereits erwähnten 26 BrainGym Übungen an, die er in Mittellinien- und Längungsbewegungen sowie in Energieübungen einteilt. *Horst Lutz* gibt unter dem Markennamen *Life Kinetik* ähnliche und weitere Bewegungsübungen in dem Buch *Life Kinetik*, *Gehirntraining durch Bewegung* an. Auch er benennt die Gehirndimensionen der Lateralität, Fokussierung und Zentrierung, auf die sich die Übungen beziehen. Die Gehirndimensionen werden laut *Lutz* in vier Schritten miteinander verbunden: Dimensionsentwicklung, Dimensionswechsel, Dimensionskette und Dimensionsfluss (vgl *Lutz* 2010, 22ff). Die Herausforderung für das Gehirn bei Bewegungssteuerung wird verstärkt und noch mehr Hirnareale werden aktiviert, wenn es neben dem Neuigkeitsaspekt auch Aspekte des Steuerungswechsels, des Wechsels zwischen zyklisch und azyklisch sowie des Wechsels links und rechts, vorn und hinten, hoch und tief gibt (vgl. *Lutz* 2010).

Ausblick

Die Steuerung der koordinativ anspruchsvollen Bewegungen fordert ein hohes Maß an allgemeiner Wachheit, die *Spitzer* wie oben zitiert Vigilanz nennt, sowie ein hohes Maß an selektiver Aufmerksamkeit, in unserem Begriffsverständnis die Konzentration. Dieser Logik entsprechend wird demnach auch in der Studie *BrainMove – bewege dich schlau*, beschrieben in einem nachfolgenden Artikel, dem Zusammenhang zwischen Konzentration und Koordinationsübungen nachgegangen. Vorausgreifend, um das Hauptergebnis zu benennen, sei an dieser Stelle angemerkt, dass eine langfristige Bewegungsintervention eine signifikante Verbesserung in der Konzentrationsleistung bewirkt.

Schlussbemerkung

Auch wenn die Neurobiologie viele neue Erkenntnisse über die Arbeitsweise des Gehirns bringt und neue bildgebende Verfahren es ermöglichen, dem Gehirn beim Lernen und Erinnern zuzusehen, sind zwar pädagogische, didaktische und auch methodische Konsequenzen für das Lernen und Lehren in der Schule ableitbar, jedoch ist es nach Einschätzung der VerfasserInnen noch zu früh von einer Neuropädagogik und Neurodidaktik sprechen zu können. Auch für eine in diesem Zusammenhang so zu nennende Neuro-Lernmethodik fehlen noch vertiefte Erkenntnisse und ausreichende Lernstudien in Zusammenschau mit der Neurobiologie. Um den Vergleich mit der Trainingswissenschaft zu strapazieren, gillt es verstärkt, auf der Grundlage der neuen Erkenntnisse, Kennziffern für die Planung und Steuerung des Lernprozesses, vergleichbar beispielweise den Kennziffern der Herzfrequenz für die Planung und Steuerung des Ausdauertrainings, zu ermitteln und in Lernstudien zu belegen.

LITERATUR

Ayan, Steve: Bewegung für den Geist. In: Gehirn & Geist. Das Magazin für Psychologie und Hirnforschung. Spektrum der Wissenschaft. Nr. 5/2009, S. 30-39.

Bachl, Norbert/Schwarz, Werner/Zeibig, Johannes: Fit ins Alter. Mit richtiger Bewegung gesund bleiben. Springer Verlag. Wien 2005.

Bauer, Joachim: Das Gedächtnis des Körpers. Wie Beziehungen und Lebensstile unsere Gene steuern. 2010.

Boecker, Henning/Knigge, Helge/Pedersen, Bente: Bizeps, Trizeps & Co. www.3sat.de/hitec. April 2010. (Letzter Zugriff 14.08.2011)

Brand, Matthias/Markowitsch/Hans J.: Lernen und Gedächtnis. Relevante Forschungsergebnisse für die Schule. In: Schulmanagement-Handbuch 138. Oldenburg. 2011.

Grosser, Manfred/Neumaier, August: Techniktraining: Theorie und Praxis aller Sportarten. 1982.

Hohmann, Andreas/Lames, Martin/Letzelter, Manfred: Einführung in die Trainingswissenschaft. 5. Unver. Auflage. Wimpert Verlag Wiebelsheim 2010.
Hottenrott, Kuno/Neumann, Georg: Trainingswissenschaft. Ein Lehrbuch in 14 Lektionen. Band 7. Meyer & Meyer Verlag. 2010.
Korte, Martin: Wie Kinder heute lernen, Was die Wissenschaft über das kindliche Gehirn weiß; Das Handbuch für den Schulerfolg; Deutsche Verlags-Anstalt. 2009.
Lutz, Horst: Life Kinetik. Gehirntraining durch Bewegung. 2010.
Markowitsch, Hans J.: Dem Gedächtnis auf der Spur. Vom Erinnern und Vergessen. 2. Auflage. Primus Verlag. 2005.
Memmert, Daniel/Weickgenannt, Jens: Zum Einfluss sportlicher Aktivität auf die Konzentrationsleistung im Kindesalter. Spectrum der Sportwissenschaft. 2006.
Pedersen, Bente: Wie unsere Muskeln unser Leben beeinflussen htpp://crossshaping.bplace.net/wordpress/aus-der-forschung (Zugriff am 12.11.2011)
Spitzer, Manfred: Geist im Netz. Modelle für Lernen, Denken und Handeln. Spektrum. Akademischer Verlag. Heidelberg. Berlin. 2000.
Spitzer, Manfred: Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens. 2. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg.Berlin 2009.
Pratscher, Hannes: Longitudinalstudie über die Zusammenhänge von Alltagsverhalten und Rückenbeschwerden bei SchülerInnen. Dissertation an der Universität Wien. 2000.
Ratey, John R. /Hagermann,Eric: Superfaktor Bewegung. VAK Verlag Kirchzarten bei Freiburg 2009.

ZUR AUTORIN/ZUM AUTOR

Mag. Dr. Gabriele BEER, Dipl. Päd.: Lehramt für VS, HS und PTS, Studium der Bildungswissenschaft und Sonder- und Heilpädagogik an der Universität Wien, Lehrende an der Kirchlichen Pädagogischen Hochschule Wien/Krems und Lehrbeauftragte an der Universität Wien, Mitglied des Arbeitskreises für empirische Pädagogische Forschung (AEPF), staatlich geprüfte Trainerin für Skilanglauf, Lehrwartausbildung für Mountainbike und Leichtathletik.

Mag. Dr. Werner SCHWARZ, Studium der Sportwissenschaften an der Universität Wien, Lehramtsstudium für Mathematik und Sport an der Universität Wien, staatlich geprüfter Trainer für Skilanglauf und Mountainbike/Radsport. Direktor am Bundesgymnasium Zehnergasse Wr. Neustadt, Lehrbeauftragter an der Universität Wien, der Fachhochschule Wr. Neustadt, Referent in der Lehrerfortbildung, Ausbildner von Instruktoren und Trainern an der Sportakademie des Bundes, Referent in der Weiterbildung von Übungsleitern, Instruktoren und Trainern, Nachwuchssportmultiplikator, Vortragender an nationalen und internationalen Kongressen, Wissenschaftlicher Konsulent der UNIQA Versicherungen, Vital Club in Fragen zur Gesundheitsförderung.