**Tagung an der PHZ Luzern „Bewegte Schule“ v. 6.9.08
Hauptreferat**

Lernen braucht Bewegung

Laura Walk, Universität Ulm

<http://www.znl-ulm.de>

Kein Lernen ohne exekutive Funktionen

Exekutive Funktionen sind Bestandteil der allgemeinen Intelligenz. Sie werden den höheren geistigen Leistungen zugeordnet und oft auch als kognitive Kontrollprozesse bezeichnet, die vor allem dann benötigt werden, wenn automatisierte Abläufe zur Aufgabenausführung nicht ausreichen. Von diesem Kontrollsystem, dessen ‚Sitz‘ im Wesentlichen dem Stirnhirn (präfrontaler Kortex) zuzuschreiben ist, wird angenommen, dass es das emotionale, kognitive und soziale Verhalten leitet, koordiniert und vor allem in neuen Situationen flexibles Verhalten ermöglicht (Kubesch 2007). Exekutive Funktionen sind folglich vor allem in neuen, komplexen und sich verändernden Situationen bzw. bei neuen Aufgaben notwendig, die Konzentration, eine Handlungsplanung sowie eine Problemlösung erfordern. Die Situationen zeichnen sich zudem dadurch aus, dass eine bewusste Auswahl an Handlungsalternativen erfolgt (Diamond 2006).

Zu den exekutiven Funktionen zählt das Arbeitsgedächtnis, das eine aktive Aufrechterhaltung aufgabenrelevanter Informationen ermöglicht, wodurch wir uns an eigene Handlungspläne oder an Instruktionen anderer Personen besser erinnern und Handlungsalternativenberücksichtigen können (Diamond 2006). Das Arbeitsgedächtnis dient dadurch zur kurzzeitigen Speicherung von Informationen, die für weitere Operationen aufrecht erhalten werden müssen (z.B. wenn man sich einen Sachverhalt merkt, während man dem Gespräch anderer Personen folgt). Es ist in der Lage, die gespeicherten Informationen derart zu verwenden, dass dadurch komplexe kognitive Funktionen wie beispielsweise die Sprache entstehen können.

Eine weitere wichtige exekutive Funktion ist die Inhibition (Hemmung) automatisierter Antworten beziehungsweise inadäquater Reaktionen. Sie unterstützt die Selbstregulation und steuert die Selbstdisziplin. Die Aufmerksamkeit und das Verhalten können durch eine gut funktionierende inhibitorische Kontrolle besser gesteuert werden und sind dadurch weniger von äußeren Bedingungen, den eigenen Emotionen oder fest verankerten Verhaltensweisen beeinflussbar. Durch die Fähigkeit Verhalten zu hemmen, gelingt es uns, diejenigen Aktivitäten oder Handlungen zu vermeiden, die einem angestrebten Ziel oder dem aktuellen Kontext entgegenstehen.

Des Weiteren wird die Steuerung von Aufmerksamkeitsprozessen den exekutiven Funktionen zugeordnet, insbesondere die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit auf bestimmte Informationen zu fokussieren, sowie der Wechsel der Aufmerksamkeit von einer Bezugsquelle zur anderen. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von kognitiver Flexibilität. Neben der Aufgabe, Aufmerksamkeitsprozesse zu steuern, organisiert das exekutive System Lernprozesse und Strategien zur Problemlösung und ist damit sowohl bei abstrakten Denkprozessen, der Entscheidungsfindung sowie der vorausschauenden Handlungsplanung aktiv, als auch bei der Aufgabenausführung, deren zeitlicher Strukturierung, der Fehlererkennung und -korrektur. Es lässt sich also eine relativ große Anzahl einzelner Funktionen auflisten, die dem exekutiven System zugeordnet werden, und die vor allem von hoher schulischer Relevanz sind.

Exekutive Funktionen und schulische Lernleistung

Die exekutiven Funktionen Arbeitsgedächtnis und Inhibition korrelieren mit der sprachlichen, mathematischen und naturwissenschaftlichen Lernleistung der Schülerinnen und Schüler (Clair-Thomson u. Gathercole 2006). Vom Vorschulalter bis zum Schulende sagen die Arbeitsgedächtnisleistung und die inhibitorische Verhaltenskontrolle die mathematische Leistung sowie die Leseleistung der Schüler voraus (Diamond et al. 2007). Zudem reduziert eine erhöhte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses das gedankliche Abschweifen und unterstützt die Aufrechterhaltung von Gedanken bei veränderten Aktivitäten, die Konzentration erfordern (Kane et al. 2007).

In Bezug auf den schulischen, universitären und beruflichen Erfolg werden exekutive Funktionen im Allgemeinen und eine gut ausgebildete inhibitorische Verhaltenskontrolle im Besonderen zumindest gleichgesetzt und teilweise höher bewertet als der reine Wissenserwerb (Clair-Thomson u. Gathercole 2006). Aus diesem Grund sollte zukünftig das Training exekutiver Funktionen im Schulkontext und dabei insbesondere sowohl in der Lehreraus- und Weiterbildung als auch im Unterricht fest verankert werden.

Kognitives Training exekutiver Funktionen

Adele Diamond und Mitarbeiter (2007) konnten zeigen, dass sich durch den Einsatz von einfachen und kostengünstigen Methoden die Arbeitsgedächtnisleistung, die inhibitorische Verhaltenskontrolle und die kognitive Flexibilität von Kindern im mittleren Alter von 5 Jahren signifikant verbessern. Das Training wurde bei Kindern aus niedrigen Einkommensschichten durchgeführt. Diese Kinder weisen in der Regel schlechtere exekutive Funktionen auf als Kinder aus Haushalten mit höherem Einkommen, wobei sich die Unterschiede mit jeder Klassenstufe vergrößern.

Erste Trainingseffekte können bereits nach einigen Tagen erzielt werden. Michael Posner und Mary Rothbart (2007) konnten bei 4 bis 6 Jahre alten Kindern bereits nach 5 Tagen Training in Form eines Computerspiels (30 bis 40 Minuten pro Tag) Verbesserungen in einem Aufmerksamkeits- und einem Intelligenztest nachweisen. Die Effekte eines solchen kurzzeitigen Trainings bilden sich nach deren Beendigung allerdings wieder zurück, weshalb ein überdauerndes Training in Kindergärten und Schulen zu empfehlen ist. Diamond und Mitarbeiter (2007) haben darüber hinaus gezeigt, dass ein Transfer der Effekte (von der Übung in der Klasse auf die Leistungsfähigkeit des exekutiven Systems) nur dann zu erwarten ist, wenn das Training nicht nur punktuell erfolgt, sondern möglichst täglich immer wieder in den Kindergarten- und Schultag eingeflochten wird.

Exekutive Funktionen und körperliche Aktivität

Exekutive Funktionen lassen sich aber nicht nur auf kognitiver Ebene trainieren, sie profitieren ebenfalls von körperlicher Aktivität. Seit Ende der 1990er-Jahre werden exekutive Funktionen im Zusammenhang mit muskulärer Beanspruchung erforscht. Die Untersuchungen unter Verwendung neuropsychologischer Testmethoden und moderner bildgebender Verfahren bezogen sich dabei anfangs vor allem auf ältere Menschen (Kramer et al. 1999) und depressive Patienten (Kubesch et al. 2003), bei denen das exekutive System oftmals nicht mehr voll funktionsfähig ist. Zunächst wurde also nachgewiesen, dass exekutive Funktionen vor allem dann durch Kraft-Ausdauerbelastungen gefördert werden, wenn sie aufgrund des Alters oder einer Depression nicht optimal funktionieren.

Da die vollständige Entwicklung und damit auch die Ausbildung der Funktionen des exekutiven Systems bis in das Erwachsenenalter andauern, wird gegenwärtig schwerpunktmäßig untersucht, in welchen Entwicklungsphasen das exekutive System von bestimmten Formen sportlicher Aktivität profitiert. Da das exekutive System von Kindern und Jugendlichen gleichzeitig mit der Lernleistung sowie mit emotionalen Abläufen wie aggressivem und emphatischem Verhalten und so auch mit dem Temperament Heranwachsender in Zusammenhang steht, sind neurowissenschaftliche Erkenntnisse zu diesem Themenbereich und in dieser Altersgruppe im Besonderen für die Bildungsforschung von großer Bedeutung.

Training exekutiver Funktionen durch Bewegungsspiele

Neuere Studien belegen, dass akute körperliche Aktivität exekutive Funktionen von jungen Erwachsenen, Kindern (Hillman et al. 2005) und Jugendlichen (Hillman et al. 2006) positiv beeinflusst. Stärker als eine akute körperliche Beanspruchung fördert eine gesteigerte körperliche Fitness exekutive Funktionen vom Kindes- (Hillman et al. 2005) bis zum Erwachsenenalter (Themanson u. Hillman 2006). Das bedeutet, je körperlich fitter die Schüler sind, desto besser sind deren exekutive Funktionen.

In einer eigenen Studie an Realschülern der 7. Klasse konnten wir durch den Einsatz des Elektroenzephalogramms (EEG) nachweisen, dass körperlich fitte Schüler im Vergleich zu weniger fitten Schülern erhöhte Aufmerksamkeitsprozesse aufweisen. Gleichzeitig benötigen die fitten Schüler weniger kognitiven Aufwand für die gleiche Leistung als die körperlich weniger trainierten Schüler. Des Weiteren konnten wir zeigen, dass sich die Arbeitsgedächtnisleistung von Schülern der 7. Klasse unterschiedlicher Schulformen durch den Sportunterricht verbessert. Da die untersuchten Hauptschüler der 7. Klassenstufe über signifikant schlechtere exekutive Funktionen verfügen als Realschüler und Gymnasiasten derselben Altersstufe, sollte bereits vor dem Wechsel von der Grundschule auf die weiterführenden Schulen die Chance genutzt werden, exekutive Funktionen kognitiv und körperlich zu trainieren.

Dafür entwickelt das Transferzentrum für Neurowissenschaften und Lernen in Zusammenarbeit mit der HABA-Firmenfamilie (HABA, Wehrfritz und Jako-o GmbH) aus Bad Rodach derzeit Bewegungsspiele zum Training exekutiver Funktionen für Kindergartenkinder und Grundschüler. Diese Bewegungsspiele werden ein kombiniertes kognitives und körperliches Training beinhalten. Das kognitive Training ergibt sich dabei aus der Bewegungsaufgabe, die den Kindern gestellt wird. Das bedeutet beispielsweise, dass sich Kinder im Arbeitsgedächtnis die Aufgabenstellung merken müssen, während sie dabei eine andere Bewegungsaufgabe durchführen. Sie müssen in bestimmten Situationen plötzlich einen Bewegungsablauf abstoppen, einen Richtungswechsel vornehmen etc., wodurch die inhibitorische Verhaltenskontrolle trainiert wird. Dadurch, dass sich Spielabläufe sehr schnell ändern, kann die kognitive Flexibilität geschult werden.

Auch sollen weitere Trainingsformen und Spiele entwickelt werden, die vor allem ältere Schüler ansprechen. **Wie zum Beispiel das Snaix-Bike. Dieses Fahrrad ist nur mit höchster Konzentration und Aufmerksamkeit fahrbar. Es lässt sich nicht mit dem Lenker steuern, sondern über Bewegungen aus dem Rücken, da sich die Achse in der Mitte des Fahrrads befindet. So muss der Fahrer die bekannte Technik des Fahrradfahrens inhibieren und sich auf eine neue Situation einstellen.** Zusammen mit Armin Emrich (Trainer der Deutschen Handballnationalmannschaft der Frauen) entwickelt das Transferzentrum für Neurowissenschaften und Lernen zusätzlich Sportspiele, die ebenfalls ein kombiniertes kognitives und körperliches Training darstellen.

Mit dem Einsatz dieser Bewegungsspiele, dem Snaix-Bike und den Sportspielen sollen innovative Erkenntnisse der kognitiven Neurowissenschaft zum Training exekutiver Funktionen für die schulische Praxis nutzbar gemacht werden.

Literatur

Clair-Thompson St C, Gathercole SE (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 59 (4): 745-759

Diamond A, Barnett WS, Thomas J, Munro S (2007). Preschool Program Improves Cognitive Control. *Science* 318: 1387-1388

Diamond A (2006). The early development of executive functions. In Bialystock E, Craik FIM (Hrsg) *Lifespan cognition. Mechanism of change (70-95)*. Oxford: University Press

Hillman CH, Kramer AF, Belopolsky AV, Smith DP (2006). A cross-sectional examination of age and physical activity on performance and event-related brain potentials in a task switching paradigm. *International Journal of Psychophysiology* 59(1): 30-39

Hillman CH, Castelli DM, Buck SM (2005). Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy pre-adolescent children. *Medicine & science in sports & exercise* 1967-1974

Kramer AF, Hahn S, Cohen NJ, Banich MT, McAuley E, Harrison CR, Chason J, Vakil E, Bardell L, Boileau RA, Colcombe A (1999). Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature* 400: 418-419

Kubesch S (2007). *Das bewegte Gehirn. Exekutive Funktionen und körperliche Aktivität*. Schorndorf: Hofmann Verlag

Kubesch S, Bretschneider V, Freudenmann R, Weidenhammer N, Lehmann M, Spitzer M, Grön G (2003). Aerobic endurance exercise improves executive functions in depressed patients. *Journal of Clinical Psychiatry* 64: 1005-1012.

Posner M I, Rothbart M K (2007). *Educating the Human Brain*. Washington: American Psychological Association

Themanson JR, Hillmann CH (2006). Cardiorespiratory fitness and acute aerobic exercise effects on neuroelectric and behavioral measures of action monitoring. *Neuroscience* 141 (2): 757-767