

Entwicklung exekutiver Funktionen in der Sekundarstufe I – Ergebnisse einer quasi-experimentellen Studie zum Potenzial des Sportunterrichts und zur Altersabhängigkeit des Fördereffekts

Karin Eckenbach, Nils Neuber

Zusammenfassung

Fortschritte in der Neuro- und Kognitionspsychologie haben zu einer Prominenz exekutiver Funktionen geführt. Als kognitive Kontrollinstanz wird ihnen eine Schlüsselfunktion für erfolgreiches Lernen zugeschrieben. Der Beitrag behandelt die Möglichkeiten, exekutive Funktionen über Bewegungsspiele zu fördern, und bezieht sich auf eine Interventionsstudie mit 197 Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 6. Die Förderung dieser Zielgruppe wird angesichts des Überganges von der Primar- in die Sekundarstufe und den damit verbundenen Entwicklungsaufgaben als besonders notwendig angesehen.

In der Interventionsstudie wurde ein anwendungsorientierter Ansatz gewählt, in dem über 20 Wochen spezifische, kognitiv anspruchsvolle Bewegungsinterventionen in den Sportunterricht der Interventionsgruppe integriert wurden. Währenddessen blieb der Unterricht der Kontrollgruppe unbeeinflusst. Eine Messung der exekutiven Funktionen erfolgte zweimalig (Pre/Post) unter Verwendung reaktionszeitbezogener Computeraufgaben (n-back task, switching task, stroop task).

Dabei konnte ein signifikanter Interventionseffekt bezüglich einer Teilkomponente exekutiver Funktionen (Inhibitionsfähigkeit) belegt werden. Interessant an dem Befund ist insbesondere, dass lediglich die älteren Schülerinnen und Schüler (ab ca. zwölf Jahren) von der Intervention profitierten, die jüngeren hingegen nicht. Dieses Ergebnis spricht dafür, den bisherigen Fokus kognitiver Fördermaßnahmen zu erweitern und auch Jugendliche entsprechend zu fördern.

Schlagwörter: Exekutive Funktionen, Interventionsstudie, Sportunterricht, Jugendliche, Alter

Development of Executive Functions in Secondary Schools – Findings of a Quasi-experimental Study on the Potential of Physical Education and Age Dependence of the Intervention Effect

Abstract

Advances in the fields of neuroscience and cognitive psychology have led to a prominence of executive functions. In the role of a cognitive control system they are considered key components of successful learning. The article deals with ways to promote executive functions through movement games and refers to an intervention study with 197 students in grade 6. The promotion of this target group is considered to be necessary due to the transition from primary to secondary school and the related developmental challenges.

In the intervention study an application-oriented approach was chosen. Over a period of 20 weeks a cognitively and physically demanding intervention program was integrated into the physical education (PE) lessons of the experimental group. Meanwhile, the PE lessons of the control group remained unaffected. Executive functioning has been measured twice (pre/post) using reaction time-related computer tasks (n-back task, switching task, stroop task).

A significant intervention effect has been identified regarding one subcomponent of executive functions (inhibition). What is particularly interesting about this finding is that only the older students (twelve years and older) benefited from the intervention, whereas the younger students did not. This result suggests extending the recent focus of cognitive support strategies and also to promote adolescents accordingly.

Keywords: Executive Functions, Intervention Study, Physical Education, Adolescents, Age

1 Einleitung

Seit etwa 30 Jahren verhelfen bildgebende Verfahren zu Erkenntnissen über zerebrale Dispositionen. Darüber hinaus ergänzen kognitionspsychologische Arbeiten den Kenntnisstand mit Befunden bezüglich mentaler und verhaltensbezogener Zusammenhänge. Das Verständnis von Lernprozessen wurde mit diesen Fortschritten deutlich erweitert. Besondere Relevanz für das Lernen zeigen exekutive Funktionen: Als übergeordnete kognitive Kontrollfunktionen wird in ihnen die Basis für erfolgreiches Lernen gesehen. In Verbindung mit diesen Entwicklungen rückte der Faktor der physischen Aktivität im Sinne einer kognitionsbeeinflussenden Variable zunehmend in den Fokus von Untersuchungen – mit dem Ergebnis, dass die positive Beeinflussung kognitiver Fähigkeiten durch Bewegung mehr und mehr zur Gewissheit wird. Exekutiven Funktionen wird dabei eine besondere Sensibilität gegenüber physischer Aktivität zugeschrieben (*Chodzko-Zajko* 1991).

Bisherige Erkenntnisse zum Zusammenhang von exekutiven Funktionen und Bewegung wurden allerdings größtenteils im Rahmen von Laborstudien gesammelt. Dadurch wird die Übertragung auf alltagsnahe Settings erschwert; Implikationen für Praxisfelder wie die Schule können kaum abgeleitet werden. Auch fällt auf, dass die bisher fokussierten Zielgruppen zu einem Großteil entweder Senioren oder Kinder im Vorschul- oder Primarbereich betreffen. Im Gegensatz dazu fokussiert der vorliegende Beitrag Möglichkeiten einer Förderung Heranwachsender im Jugendalter. Ein solcher Fokus erscheint aus zwei Gründen sinnvoll: Zum einen wird gerade im frühen Jugendalter von einem verstärkten Entwicklungspotenzial exekutiver Funktionen ausgegangen (*Brocki/Bohlin* 2004) und zum anderen verlangen gerade schulische Bildungsübergänge und damit verbundene Entwicklungsprobleme nach konkreten Unterstützungsmaßnahmen.

Vor diesem Hintergrund wurde eine Studie mit Jugendlichen im Alter von elf bis 13 Jahren durchgeführt, in deren Mittelpunkt die Frage stand, inwieweit spezifische, bewegungsbasierte Inhalte im Sportunterricht der Sekundarstufe I mit einem Zugewinn exekutiver Fähigkeiten in Verbindung gebracht werden können. Eine Beantwortung dieser Fragestellung ist von hoher Relevanz für die Anwendung gezielter Bewegungsmaßnahmen im Schulalltag.

2 Theoretische Hintergründe und Forschungsstand

Im Jugendalter treten bildungsinstitutionelle und entwicklungspsychologische **Herausforderungen** in einer besonderen Dichte auf. Bildungsinstitutionell stellt sich der Übergang¹ auf die weiterführende Schule oftmals als „Bruch“ in der Schulbiographie dar

(Baumert u.a. 2010). Die Übergangserfahrungen beeinflussen nicht zuletzt die Selbstkonzept- und Identitätsentwicklung der Schülerinnen und Schüler (Koch 2008). Parallel zum schulischen Übergang, der für gewöhnlich im Alter zwischen neun und 13 Jahren erfolgt, sind altersspezifische Entwicklungsprozesse von Bedeutung. Im Übergang von der Kindheit zum Jugendalter sind spezifische Entwicklungsaufgaben zu bewältigen, in denen sich das Individuum in einem Spannungsfeld von psycho-physischen Voraussetzungen, soziokulturellen Anforderungen und individuellen Zielsetzungen wiederfindet (Neuber 2007). Ohne an dieser Stelle weiter auf ausgewählte Entwicklungsaufgaben des Jugendalters eingehen zu können (dazu Oerter/Dreher 2008), lässt sich festhalten, dass eine erfolgreiche Bewältigung der Aufgaben im Übergang zum Jugendalter neben der sozialen Einbindung insbesondere von personalen Ressourcen, wie soziokognitiven Kompetenzen und Ich-Stärke, abhängt (Fend 2005). Eine Förderung selbstwertdienlicher, kognitiver Fähigkeiten erscheint vor diesem Hintergrund besonders angeraten.

Es stellt sich die Frage, inwieweit der **Sportunterricht** eine Rolle bei der Bewältigung dieser Herausforderungen spielen kann. Die fachübergreifende Förderung von Schülerinnen und Schülern im Sinne einer Erziehung durch Sport gehört von jeher zu den Leitideen von Leibeserziehung und Schulsport (vgl. Scherler 1997). Mit der Idee des Doppelauftrags für den Schulsport ist die übergreifende Förderung spätestens seit der Lehrplanreform 1999/2000 auch curricular verankert. Neben der Erschließung der Bewegungs-, Spiel- und Sportkultur wird darin der Entwicklungsförderung durch Bewegung, Spiel und Sport zentrale Bedeutung beigemessen (MSW NRW 1999). Die Sportpädagogik hat diese Förderidee mehrfach aufgegriffen. So basiert bereits die „Entwicklungsorientierte Sportpädagogik“ von Dietrich/Landau (1990) auf einer Verknüpfung entwicklungspsychologischer und sozialisationstheoretischer Ansätze. Prohl (1999) greift diese Überlegungen auf und entwickelt das Konzept einer „Bewegungserziehung als Entwicklungsförderung“, das ebenfalls auf einer Verschränkung von individuellen und umweltbedingten Entwicklungsfaktoren beruht. Das Konzept zur „Entwicklungsförderung im Jugendalter“ (Neuber 2007) führt die Idee der Entwicklungsaufgabe weiter und stellt sie in den Kontext entwicklungspädagogischer Überlegungen, bezieht zugleich aber auch aktuelle Konzepte der pädagogischen Jugendforschung mit ein. Gefragt wird in diesem Sinne nach dem spezifischen Beitrag, den Bewegung, Spiel und Sport zur Bewältigung subjektiv und objektiv bedeutsamer Entwicklungsaufgaben im Jugendalter leisten können. Neuere Ansätze greifen zum Teil wieder auf den allgemeineren Begriff der Persönlichkeitsentwicklung zurück (Conzelmann u.a. 2011), verfolgen jedoch dieselbe Zielsetzung einer Förderung durch Sport und Bewegung. Transferleistungen gelten zwar nach wie vor als empirisch schwer erfassbar, werden aber im Sinne einer sportunterrichtlichen Wirkungsforschung zunehmend thematisiert (Gerlach u.a. 2010).

Richtet man den Blick auf die kognitive Förderung als einen Bereich der allgemeinen Entwicklungsförderung, sind im Bereich des Sports lediglich wenige Ansätze zu finden. In diesem Kontext kann auf das Konzept der Psychomotorik verwiesen werden, für das das Zusammenspiel von Wahrnehmung und Bewegung handlungsleitend ist. Der hier gewählte Förderansatz konnte bereits früh mit positiven Effekten auf die Intelligenzentwicklung belegt werden (Beudels 1996; Zimmer 1980). Ferner kommen im Konzept der Bewegten Schule neben entwicklungstheoretischen auch lerntheoretische Argumente zum Tragen (Thiel/Teubert/Kleindienst-Cachay 2006). Auch wenn hier die Intention einer kognitiven Förderung nur einen Nebenschauplatz im Vergleich zu anderen Begründungsmustern der Bewegten Schule darstellt, kann auf erste positive Befunde in Bezug auf

schulische Lernleistungen verwiesen werden – so beispielsweise bei *Leschinski* (2014), die im Rahmen eines qualitativ-empirischen Ansatzes den Bewegungsangeboten im Ganztags schulbetrieb einen positiven Einfluss auf die Konzentrationsleistung von Schülerinnen und Schülern zuschreibt.

Die zunehmend belegte Relevanz für Lernerfolge lässt insbesondere eine Förderung **exekutiver Funktionen** notwendig erscheinen. Unter exekutiven Funktionen werden kognitive Fähigkeiten zusammengefasst, die zielgerichtetes Verhalten in komplexen und ungeübten Situationen steuern. Im Sinne einer übergeordneten Instanz, die im Verständnis von *Baddeley* (2000) im Arbeitsgedächtnis angesiedelt werden kann, übernehmen sie die Kontrolle, wenn automatisierte Verhaltensweisen nicht ausreichen, um den Anforderungen einer Situation gerecht zu werden. Das exekutive System umfasst nach *Miyake* u.a. (2000) drei Kernkomponenten: Updating, kognitive Flexibilität und Inhibition. Unter **Updating** wird die Fähigkeit verstanden, relevante Inhalte kurzzeitig mental aufrecht zu erhalten. Diese Leistung geht über die Arbeitsweise des Kurzzeitgedächtnisses hinaus, denn die Gedächtnisspuren werden nicht lediglich passiv abgespeichert, sondern darüber hinaus mental manipuliert bzw. aktualisiert. Dies ist beispielsweise bei komplexen Kopfrechenaufgaben vonnöten, wenn Zwischenergebnisse mental gehalten werden müssen, bevor damit weitere Rechenoperationen vollzogen werden. Die **kognitive Flexibilität** manifestiert sich in der Fähigkeit, zwischen verschiedenen Anforderungen erfolgreich zu ‚switchen‘. Im Fokus steht hier die Anpassung an wechselnde Umstände, die unterschiedliche Verhaltensweisen abverlangen. Dies kann beispielsweise der Wechsel von Perspektiven auf einen Sachverhalt oder das Bearbeiten aufeinanderfolgender Aufgaben mit unterschiedlichen Schwerpunkten sein. Im Zusammenhang mit der kognitiven Flexibilität steht die **Inhibitionsfähigkeit**. Durch eine gute inhibitorische Leistung wird es möglich, automatisierte Prozesse zu unterdrücken – mit dem Ziel, den Aufmerksamkeitsfokus auf die aktuell relevante Aufgabe zu lenken. Somit können zum einen impulsive, inadäquate Verhaltensweisen zurückgehalten und zum anderen mögliche Ablenkungsquellen wie beispielsweise Lärm ausgeblendet werden.

Exekutive Funktionen werden heute als wichtige Einflussvariable für (schulische) Lernleistungen angesehen. *Duckworth/Seligman* (2005) konnten in ihrer Studie mit Achtklässlerinnen und Achtklässlern zeigen, dass die Selbstdisziplin, die im Zusammenhang mit der Inhibitionsfähigkeit steht, ein aussagekräftigerer Prädiktor für schulische Leistungen ist als der IQ. Darüber hinaus mehren sich die Nachweise einer Relevanz exekutiver Funktionen für Basisfähigkeiten wie Lesen (*Cutting* u.a. 2009; *Gathercole/Alloway* 2008), Schreiben (*Hooper* u.a. 2002) und Rechnen (*Best/Miller/Naglieri* 2011; *Blair/Razza* 2007; *Ehlert* 2007).

Exekutive Funktionen im *jugendlichen Alter* zu fördern, wird durch Kenntnisse über den zeitlichen Entwicklungsverlauf des exekutiven Systems in besonderem Maße legitimiert: Im Gegensatz zu den meisten „niederen“, also automatisierten kognitiven Fähigkeiten klingt die Entwicklung exekutiver Funktionen erst viel später ab. Nach *Brocki/Bohlin* (2004) vollzieht sich die exekutiv-funktionale Entwicklung verstärkt in bestimmten Lebensphasen – mit einer größeren Maturation ist demnach im Alter von sechs bis acht und von neun bis zwölf Jahren zu rechnen. Ein letzter Entwicklungsschub wird in der frühen Adoleszenz vermutet. Die zweite Phase vollzieht sich damit in der Regel parallel zum Wechsel von der Primarstufe zur weiterführenden Schule. Zwar wird insgesamt davon ausgegangen, dass das gesamte exekutive System sich bis in das frühe Erwachsenenalter entwickelt, doch konnten zwischen den drei Komponenten exekutiver Funktionen leichte

Abweichungen in den besonders rasanten Entwicklungsphasen ausgemacht werden (*Huizinga/Dolan/van der Molen* 2006): Demnach ebbt die Ausbildung der Updating-Komponente relativ früh – mit ca. zwölf Jahren – ab. Die Ergebnisse hinsichtlich der Inhibitionsfähigkeit sind uneinheitlich. Hier werden Verbesserungen größtenteils bis zum Alter von elf Jahren erwartet; Testungen mit der Stroop-Aufgabe kommen hingegen zu dem Ergebnis, dass bis zum Alter von 15 Jahren mit einer verstärkten Entwicklung zu rechnen ist. Auch im Falle der kognitiven Flexibilität wird eine signifikante Entwicklung bis zum Alter von 15 Jahren angenommen.

Insgesamt wird davon ausgegangen, dass entsprechende Interventionsmaßnahmen Verbesserungen des exekutiven Systems bewirken können – so z.B. in Studien von *Verhaeghen/Cerella/Basak* (2004), in der die Updating-Fähigkeit durch das Training mit einer Computeraufgabe verbessert werden konnte, oder von *Dowsett/Liveseys* (2000), die auf einen Trainingseffekt in Bezug auf die Inhibitionsleistung hindeuten, auch hier erfolgte die Intervention computerbasiert. Während in diesen Studien exekutiv-funktionale Anforderungen explizit in die Übungen integriert wurden, wird seit einigen Jahren der körperlichen Aktivität als exekutiv-funktional förderliches Medium ein größeres Forschungsinteresse entgegengebracht – mit der Erkenntnis, dass exekutive Funktionen von bewegungsbasierten Interventionen profitieren (*Boriss* 2012). Sowohl kurzfristige (*Elleberg/St-Louis-Deschênes* 2010; *Hillman* u.a. 2009; *Hillman/Snook/Jerome* 2003; *Kubesch* u.a. 2009; *Sibley/Etnier/Le Masurier* 2006) als auch langfristige bzw. regelmäßige Bewegungseinheiten (*Boucard* u.a. 2012; *Colcombe* u.a. 2004; *Kramer* u.a. 2001; *Smiley-Oyen* u.a. 2008) werden mit einer Verbesserung exekutiver Funktionen in Verbindung gebracht. Einige empirische Arbeiten, die sich dem Zusammenhang von Bewegung und Lernen widmen, verweisen darauf, dass der kognitionsförderliche Effekt von der genauen Beschaffenheit der durchgeführten Aktivität abzuhängen scheint. Ein besonderes Potenzial wurde in Bewegungsformen gesehen, die bereits einen kognitiven Anspruch innehaben (*Budde* u.a. 2008; *Chang* u.a. 2012; *Voelcker-Rehage/Godde/Staudinger* 2011).

Auch wenn es bereits einige Hinweise gibt, dass exekutive Funktionen durch Bewegung gefördert werden können, blieb die Suche nach systematischen Anhaltspunkten für eine exekutiv-funktionale Förderung *im Sportunterricht* bisher ohne Erfolg. Die Ausnahme bilden einzelne praxisnahe Anregungen, die jedoch bislang nicht evaluiert wurden.

3 Fragestellung und Methodik

Vor dem Hintergrund bildungsinstitutioneller Anforderungen sowie entwicklungspsychologischer Voraussetzungen stellt das Jugendalter Heranwachsende vor spezifische Herausforderungen. Im Sinne einer Entwicklungsförderung durch Bewegung, Spiel und Sport kann der Schulsport die Schülerinnen und Schüler dabei in unterschiedlicher Weise unterstützen. Ein besonderes Potenzial liegt in der Förderung exekutiv-funktionaler Fähigkeiten durch Sport, die für schulische Lernleistungen zentral sind. Gleichwohl ist zu berücksichtigen, dass weitere Ansätze zur Unterstützung der Schülerinnen und Schüler nötig sind, und dass der gewählte Zugang lediglich einen Ausschnitt der Möglichkeiten darstellt.

Um Wirkungsannahmen in der Praxis zu überprüfen, bedarf es der Effektbestimmung unter konkreten schulischen Rahmenbedingungen. Aus diesem Grund wurde eine quasi-

experimentelle Feldstudie durchgeführt, die der Frage nachging, *inwieweit eine gezielte Bewegungsförderung im Schulalltag die Kernkomponenten exekutiver Funktionen (Updating, Kognitive Flexibilität, Inhibition) von Schülerinnen und Schülern verbessern kann.* Aufgrund der geschilderten Alterssensibilität in der Entwicklung exekutiver Funktionen war dabei von besonderem Interesse, *inwieweit sich mögliche Effekte als altersabhängig erweisen.*

Vor dem Hintergrund der theoretischen Vorüberlegungen wurde die Jahrgangsstufe 6 als Zielgruppe ausgewählt. Die Stichprobe umfasste 197 Sechstklässlerinnen und Sechstklässler (Alter: $M=11.96$, $SD=.46$; 51% weiblich) aus nordrhein-westfälischen Gesamt- und Realschulen. Diese Schulformen wurden ausgewählt, um über eine möglichst große Streubreite in den Leistungen zu verfügen. Der Übergang in die weiterführende Schule erfolgt in Nordrhein-Westfalen nach der vierten Klasse – somit befinden sich die Probandinnen und Probanden im zweiten Jahr des Überganges (Erprobungsstufe).

In einer kontrollierten Feldstudie im Pre-/Postdesign wurden die Probandinnen und Probanden zweimalig in Bezug auf ihre exekutiven Leistungen geprüft. Dafür wurden in den Schulen prototypische, computerbasierte Reaktionszeitaufgaben durchgeführt: Zunächst wurde die kognitive Flexibilität mittels einer Switching-Aufgabe (vgl. Baadte/Dutke 2013) gemessen. Hier galt es, auf verschiedenfarbige geometrische Formen (Dreiecke und Kreise in Gelb und Blau) zu reagieren, die in einer der vier Ecken des Bildschirms erschienen. Die zu vollführende Aufgabe änderte sich abhängig von der Position der Figur: Erschien die Figur in einer der oberen Ecken, musste auf die geometrische Form (Dreieck vs. Kreis) reagiert werden, erschien sie jedoch in einer der unteren Ecken, war die Farbe (Blau vs. Gelb) der Figur ausschlaggebend. Zur Messung der Inhibitionsleistung erfolgte im Anschluss eine Stroop-Aufgabe (vgl. Stroop 1935), in der auf dargebotene Farbwörter (Rot, Blau, Weiß, Gelb) zu reagieren war. Dabei musste eine Reaktion auf die Wortbedeutung unterdrückt und stattdessen auf die Farbe, in der das Wort geschrieben war, per Tastendruck reagiert werden. Farbe und Wortbedeutung konnten dabei sowohl kongruent als auch inkongruent sein. Zur Messung der Updating-Fähigkeit wurde abschließend eine n-back-Aufgabe nach Stroth (2009) durchgeführt. Nacheinander erschienen einzelne Buchstaben auf dem Bildschirm. Möglichst schnell musste per Tastendruck auf die einzelnen Stimuli reagiert und beantwortet werden, ob der aktuell dargebotene Buchstabe der gleiche Buchstabe ist wie der zu vorletzt gesehene Buchstabe oder nicht. Die drei Aufgaben nahmen inkl. Pausen und Instruktion eine Bearbeitungszeit von maximal 75 Minuten in Anspruch. In allen drei Aufgaben wurden die Antwortgenauigkeit (ACC) und die Reaktionsgeschwindigkeit der korrekt beantworteten Trials (RT) erhoben. Durch die Bildung eines Quotienten der beiden Parameter ($\frac{RT}{ACC}$) entstand für jede Aufgabe ein Gesamtergebnis, das nach der Logik „je kleiner der Wert, desto besser die Leistung“ zu interpretieren ist.

Während sämtliche Probandinnen und Probanden denselben Testbedingungen ausgesetzt waren, erfolgte in der 20-wöchigen Interventionszeit zwischen den Messungen eine quasi-experimentelle Trennung der Schülerinnen und Schüler: In dem Zeitraum, in dem die eine (zufällig ausgewählte) Hälfte der Klassen an einem spezifischen, in den Sportunterricht integrierten Interventionsprogramm teilnahm (=Interventionsgruppe), wurde bei der anderen Hälfte der Klassen der Sportunterricht unmanipuliert fortgesetzt (=Kontrollgruppe). Gleichwohl wurden die Inhalte des Sportunterrichts der Kontrollgruppe protokolliert, um Überschneidungen zur Experimentalbedingung auszuschließen. Das Inter-

ventionsprogramm sah für den sportunterrichtlichen Rahmen eine wöchentliche Förderung von 30 Minuten vor. In dieser Zeit führte die Sportlehrkraft ein in Ablauf und Inhalt vorgegebenes Programm durch. Dieses Programm beinhaltete zielgruppengerechte Lauf- und Fangspiele, durch die mit zusätzlichen Regeln (visuelle oder akustische Signale, auf die möglichst schnell zu reagieren war) ein kognitiver Anspruch integriert wurde (Beispiele zu den Interventionseinheiten bei *Boriss* 2015).

4 Studienergebnisse

In der Datenauswertung wurden Varianzanalysen mit Messwiederholung durchgeführt, um mögliche Interaktionseffekte der Faktoren ‚Zeit‘ (Pre/Post) und ‚Gruppe‘ (Interventions-/Kontrollgruppe) ausfindig zu machen. Um eventuelle Altersabhängigkeiten feststellen zu können, wurde die Stichprobe unter Beachtung des Medians des Alters (11.91 Jahre) in zwei Altersgruppen aufgeteilt (jung: 11.55 Jahre; alt: 12.30 Jahre). Die so entstandene Gruppe mit älteren Schülerinnen und Schülern ist ca. neun Monate älter als die Gruppe mit jüngeren Schülerinnen und Schülern.

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass weder im Bereich der Updating-Fähigkeit noch im Bereich der kognitiven Flexibilität Unterschiede zwischen den Altersgruppen hinsichtlich einer Beeinflussbarkeit durch die durchgeführte Intervention vorliegen. In keiner der beiden Altersklassen wurden signifikante Zeit*Gruppen-Interaktionen festgestellt (vgl. Tab. 1). Auch bei einer Betrachtung der Gesamtstichprobe zeigt sich kein signifikanter Interaktionseffekt.

Tabelle 1: Varianzanalytische Ergebnisse im Überblick. Dargestellt sind Zeit*Gruppen-Interaktionen in den Kernkomponenten exekutiver Funktionen unterteilt nach Alter.

| | Durchschnittsalter: 11.55 Jahre | Durchschnittsalter: 12.30 Jahre |
|-----------------------------|---|--|
| Updating | F[1, 86]=0.08, p=.779, η^2_p =.001 | F[1, 84]=0.45, p=.506, η^2_p =.005 |
| Kognitive Flexibilität | F[1, 86]=0.35, p=.555, η^2_p =.004 | F[1, 79]=0.022, p=.882, η^2_p =.000 |
| Inhibition (vgl. Abb. 1) | F[1, 86]=1.07 p=.304, η^2_p =.012 | F[1, 87]=10.92, p=.001, η^2_p =.112 |

Im Bereich der Inhibitionsfähigkeit zeigt sich hingegen eine signifikante Zeit*Gruppen-Interaktion zugunsten der Interventionsgruppe ($F[1, 175]=4.89, p=.028, \eta^2_p=.027$). Zudem wird hier deutlich, dass die beiden Altersgruppen unterschiedlich auf die Intervention reagieren (vgl. Abb. 1).

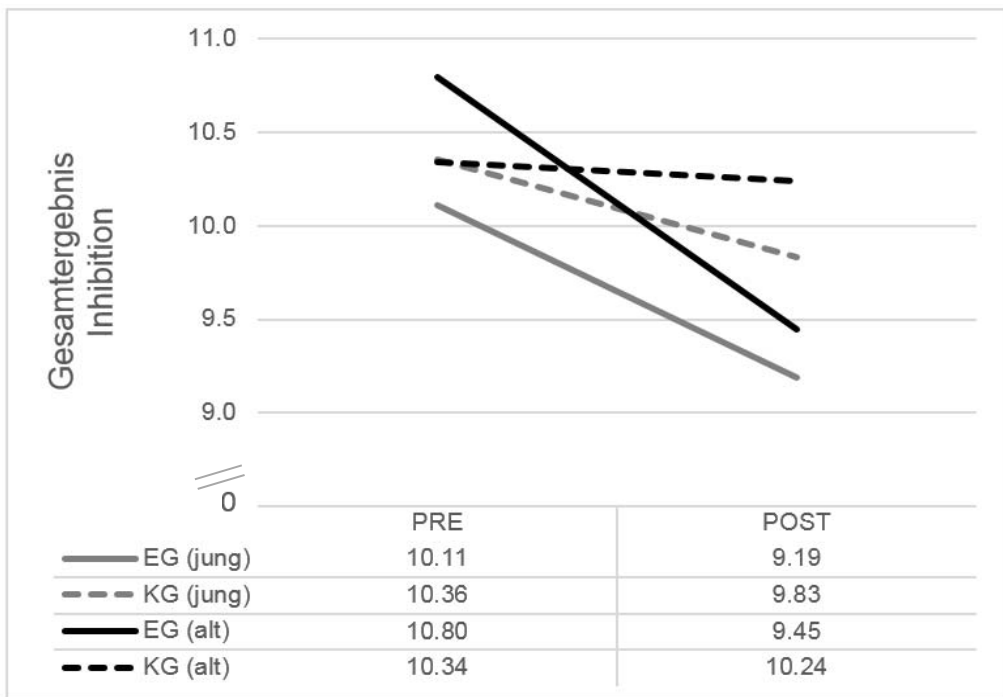


Abb. 1: Leistungsentwicklung der Inhibitionsfähigkeit von PRE zu POST. Im Vergleich stehen die mittelwertsbezogenen Leistungen der Experimental- (EG) und Kontrollgruppe (KG), aufgeteilt nach jüngeren (grau) und älteren Probandinnen und Probanden (schwarz). Je kleiner der Wert, desto besser die Leistung.

Sowohl die älteren als auch die jüngeren Probandinnen und Probanden der Interventionsgruppe verbessern sich über den Zeitverlauf, was daran zu erkennen ist, dass die Werte von Pre zu Post abnehmen. Doch ist lediglich bei den älteren Schülerinnen und Schülern eine signifikante Zeit*Gruppen-Interaktion festzustellen (vgl. Tab. 1). Bei den jüngeren Probandinnen und Probanden wird die Signifikanzgrenze hingegen nicht erreicht. Post-hoc durchgeführte Paarvergleiche geben Aufschluss über die Hintergründe dieser Entwicklung: In Bezug auf die älteren Probandinnen und Probanden zeigen abhängige t-Tests, dass die Leistungsentwicklung der Interventionsgruppe von Pre zu Post signifikant ist ($p=.000$), während die Kontrollgruppe keine signifikante Verbesserung erzielt ($p=.690$). Gleichzeitig wird im t-Test für unabhängige Stichproben lediglich zum Posttestzeitpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen Interventions- und Kontrollgruppe gefunden ($p=.045$), während sich die Leistungen zwischen den Gruppen zum Pretestzeitpunkt noch nicht signifikant voneinander unterscheiden ($p=.329$). Im Falle der jüngeren Probandinnen und Probanden zeigt sich ein anderes Bild: Zwar wird auch hier die Entwicklung der Interventionsgruppe im Zeitverlauf signifikant ($p=.001$), doch wird im Gegensatz zu den älteren Probandinnen und Probanden gleichzeitig in der Entwicklung der Kontrollgruppe die Signifikanzgrenze annähernd erreicht ($p=.063$). Zusätzlich wird bei den jüngeren Schülerinnen und Schülern weder zum Pre- ($p=.590$) noch zum Posttestzeitpunkt ($p=.109$) der Leistungsunterschied zwischen Interventions- und Kontrollgruppe signifikant.

5 Diskussion

Der Wechsel von der Primar- in die Sekundarstufe ist für Schülerinnen und Schüler mit entwicklungsbedingten Herausforderungen verbunden. Sportpädagogische Konzepte thematisieren zwar eine Entwicklungsförderung durch Bewegung, Spiel und Sport, fokussieren dabei aber zumeist die Bewältigung altersspezifischer Entwicklungsaufgaben und nicht das Potenzial des Sports für die Förderung kognitiver Fähigkeiten. Gleichwohl sind auch in diesem Bereich Effekte zu erwarten. Insbesondere die bewegungsbasierte Förderung exekutiver Funktionen erscheint erfolgversprechend. So besteht Gewissheit über die Relevanz exekutiver Funktionen für akademische Leistungen (*Duckworth/Seligman 2005*); auch im Jugendalter entwickeln sich exekutive Funktionen noch weiter, insbesondere im Alter zwischen neun und zwölf Jahren (*Brocki/Bohlin 2004*), und exekutive Funktionen profitieren nachweislich von Bewegungsinterventionen (*Boriss 2012*). Bislang konzentrieren sich Erkenntnisse allerdings auf Ergebnisse von Laborstudien. Folglich mangelt es an realitätsnahen Förderumsetzungen im Schulalltag. Die in diesem Beitrag vorgestellte Studie setzt hier an und ermittelt den Effekt einer gezielten Bewegungsintervention im Sportunterricht auf die exekutiven Funktionen jugendlicher Schülerinnen und Schüler.

Im Rahmen der bewegungsbezogenen Interventionsstudie konnte eine positive Beeinflussung bezüglich einer von drei Kernkomponenten exekutiver Funktionen – der Inhibitionsfähigkeit – belegt werden. Die Durchführung des Treatments erwies sich als vorteilhaft gegenüber dem alltäglichen Sportunterricht, der in der Untersuchung als Kontrollbedingung diente. Die positive Beeinflussung der Inhibitionsfähigkeit kann als begünstigend für lern- und verhaltensbezogene Aspekte im Jugendalter betrachtet werden. In zahlreichen Alltagssituationen ist die Inhibitionsfähigkeit von Bedeutung. So ist konzentriertes, zielgerichtetes Arbeiten an eine erfolgreiche Unterdrückung unangemessener Automatismen und die Ausblendung potenzieller Störquellen gebunden. Ein hohes Maß an inhibitorischer Leistungsfähigkeit vermag grundlegende Basiskompetenzen wie Rechnen, Schreiben oder Lesen nachweislich positiv zu beeinflussen. *Kubesch (2014)* betont die langfristige Relevanz einer gut ausgebildeten Selbstregulationsfähigkeit und verweist auf den über die Schulzeit hinaus bestehenden „Einfluss auf Bildung, Gesundheit, Wohlstand und soziale Sicherheit“ (S. 8). Neben der Begünstigung fachübergreifender Basiskompetenzen darf das Auftreten positiver Auswirkungen auf einer sportimmanenten Ebene nicht übersehen werden. Damit ist gemeint, dass auch das Handeln in sportbezogenen Situationen, etwa im Bereich der Sportspiele, von der exekutiven Kontrolle abhängig ist. Bedeutsam sind exekutive Funktionen immer dann, wenn komplexe oder neuartige Situationen zu bewältigen sind. Offensichtlich wird dieser Anspruch gerade in Sportarten, in denen Gegnerinnen und Gegner oder auch Teammitglieder der Sportlerin bzw. dem Sportler schnelle Reaktionen abverlangen und die Aufnahme parallel erfolgreicher Reize mit hohen Drucksituationen einhergeht.

Konkretes Ziel der Untersuchung war, Erkenntnisse über eine mögliche Alterssensibilität des Effekts zu erlangen. Die statistische Analyse ergab Aufschluss darüber, dass lediglich die älteren Schülerinnen und Schüler (ab ca. zwölf Jahren) von der Intervention profitierten. Eine naheliegende Begründung für dieses Ergebnis liegt in der interventionsunabhängigen Entwicklung der jüngeren Probandinnen und Probanden: Im Gegensatz zu der älteren Gruppe zeichnet sich bei den jüngeren Mitschülerinnen und Mitschülern

lern auch in der Kontrollgruppe eine positive Leistungsentwicklung ab. Diese Sachlage geht konform mit den geschilderten Befunden von *Brocki/Bohlin* (2004), nach denen im Alter von zwölf Jahren eine Phase einer verstärkten Entwicklung exekutiver Funktionen abklingt. Insgesamt deutet die Datenlage darauf hin, dass eine gezielte Einflussnahme vor allem dann erfolgversprechend ist, wenn nicht ohnehin bereits eine verstärkte, entwicklungsbedingte Maturation vorliegt. Das würde bedeuten, dass in Zeiten einer stärkeren Maturation nicht gleichzeitig eine höhere Sensibilität gegenüber Interventionen vorliegt. Ausgehend von der verstärkten Entwicklungsphase bis zum Alter von zwölf Jahren ist jedoch nicht anzunehmen, dass die neuroplastischen Umstände der jüngeren Gruppe eine geringere Sensibilität gegenüber dem Interventionsprogramm aufweisen. Ein endgültiges Urteil über das Zustandekommen dieses Zusammenhangs ist auf Grundlage der Studienergebnisse nicht möglich. Es ist nicht auszuschließen, dass der Erfolg eines gezielten Trainings exekutiver Funktionen gänzlich unabhängig von verstärkten Maturationsphasen ist. Diskussionswürdig erscheint daher auch die Frage, ob möglicherweise eine kognitive Überforderung der jüngeren Schülerinnen und Schüler dazu führte, dass die Intervention weniger erfolgreich war als bei ihren älteren Mitschülerinnen und Mitschülern. Für eine solche Erklärung spricht, dass die jüngeren Probandinnen und Probanden eine schwächere Anfangsleistung aufwiesen als die älteren. Die Bestimmung des Einflusses unterschiedlicher Leistungen im Pretest erweist sich jedoch ebenso wie die Kontrolle nach Alter, Geschlecht oder weiteren Variablen als auswertungstechnisch schwer lösbares Problem, da kontrollierende Auswertungsmethoden wie die Kovarianzanalyse aufgrund des quasi-experimentellen Studiendesigns nicht die erwünschte Abhilfe verschaffen (dazu *Kirchmann/Steyer* 2012).

In Anlehnung an diese Ungewissheit sind weitere Limitationen anzusprechen, die es in Folgeuntersuchungen zu beachten gilt. So bleibt aufgrund des quasi-experimentellen Designs die Frage offen, inwieweit möglicherweise die verschiedenen Sportunterrichtsinhalte während der Interventionszeit zu unterschiedlichen Fortschritten im Fitnesslevel geführt haben (zur Möglichkeit der Konfundierung der Faktoren Fitness und Bewegungsintervention vgl. *Boriss* 2015). Auch bestehen sowohl in der Test- als auch in der Fördergestaltung Optimierungsmöglichkeiten: Für eine genauere Abbildung der exekutiv-funktionalen Leistungen kann es empfehlenswert sein, die einzelnen Dimensionen mit mehreren Aufgaben abzubilden (*Miyake* u.a. 2000). Bei der Ausgestaltung des Förderprogramms ist auf Grundlage der Studienergebnisse interessant, inwieweit sich ein längeres oder höher frequentiertes Programm auswirken könnte. Dass es sich bei einer Interventionszeit von 30 Minuten pro Woche um eine verhältnismäßig kurze bzw. gering dosierte Förderung handelt, könnte der Grund dafür gewesen sein, dass sich in den Bereichen Updating sowie kognitive Flexibilität kein signifikanter Interaktionseffekt zeigte. Zuletzt besteht auch die Frage, wie groß die Vorteile der bewegungsbasierten Förderung im Vergleich zu einer ausschließlich kognitiven Intervention sind und ob die verschiedenen Altersklassen in dieser Hinsicht Unterschiedlichkeiten in den Effekten aufzeigen.

Unabhängig von den genauen Hintergründen für das Ergebnis ergibt sich aufgrund der deutlichen Leistungsverbesserung der älteren Schülerinnen und Schüler ein Gegenargument zu bisherigen kognitiven Förderbestrebungen, die vorrangig jüngere Kinder in den Blick nehmen. Ohne die Förderung jüngerer Kinder zu vernachlässigen, wird für die Erweiterung des Förderalters plädiert. In der gezielten Gestaltung der Förderung durch Bewegung sind diverse Umsetzungsmöglichkeiten denkbar. Neben der Förderung im Sportunterricht ist eine Erweiterung auf den außerunterrichtlichen Schulsport oder das

„Lernen durch Bewegung“, das auch in anderen Fächern explizit erwünscht ist (*MSW NRW* 2014), sinnvoll. Auch Ganztagsangebote bieten erfolgversprechende Gestaltungsmöglichkeiten. Dadurch, dass gut ausgebildete exekutive Funktionen nicht nur anderen primär kognitiven Basisfähigkeiten, sondern auch sportbezogenen Leistungsbereichen zugutekommen, ist ferner eine Förderung im außerschulischen Sport wünschenswert. Da sich die Förderung exekutiver Funktionen bislang nicht in der Schul- oder Vereinspraxis widerspiegelt, sind zukünftig entsprechende Strategien und Tools zu entwickeln, die von Lehrkräften und Trainerinnen bzw. Trainern in den Schul- bzw. Sportalltag integriert werden können.

Anmerkung

- 1 Der Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe erfolgt mit Ausnahme der Bundesländer Berlin und Brandenburg, in denen die Grundschulzeit sechs Jahre umfasst, nach der vierten Klasse. Auf Bundesebene bestehen unterschiedliche Konzepte (*Barczak* 2011): Im ‚Übergangsverfahren mit subjektiver Zulassungsschranke‘ (Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg, Rheinland-Pfalz, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen) wird eine bindende eignungsabhängige Empfehlung ausgesprochen. Die einzige Möglichkeit, von dieser Empfehlung abzuweichen, ist ein Aufnahmeverfahren, in dem auf Eignung für eine höhere Schulform geprüft und die Eignungsprognose berichtigt werden kann. Im starken Kontrast zu diesem Modell besteht in Niedersachsen und im Saarland das ‚Freie Wahlrecht der Erziehungsberechtigten‘. Zwar wird auch hier eine Empfehlung ausgesprochen, doch hat diese nur beratenden Charakter und überlässt den Erziehungsberechtigten die Schulformwahl für ihr Kind. Dies ist auch im ‚Präklusionsmodell‘ (Bremen, Schleswig-Holstein) der Fall, hier jedoch müssen die Eltern im Falle einer Abweichung von der Empfehlung an einem Beratungsgespräch teilnehmen. Bei Nichterscheinen der Eltern wird deren Entscheidung präkludiert und eine Zuweisung zur angerechneten Schulform vorgenommen. Die vierte Auslegung der Schulformwahl gestattet den Erziehungsberechtigten ein ‚Wahlrecht unter Vorbehalt‘ zu (Berlin, Hamburg, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Nordrhein-Westfalen). Einer unverbindlichen Empfehlung durch die Grundschule folgt eine zweijährige Erprobungsstufe, in der geprüft wird, ob die Ansprüche der gewählten Schulform erfüllt werden, bzw. eine geeignetere Schulform bestimmt wird (*MSW NRW* 2012).

Literatur

- Baadte, C./Dutke, S.* (2013): Learning About Persons: The Effects of Text Structure and Executive Capacity on Conceptual Change. *European Journal of Psychology of Education*, 28, 3, S. 1045-1064.
- Baddeley, A.* (2000): The Episodic Buffer: A New Component of Working Memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 11, S. 417-423.
- Barczak, T.* (2011): Der Übergang von der Grundschule in die Sekundarstufe als Grundrechtsproblem. Eine rechtliche Untersuchung unter Berücksichtigung sozialer Herkunftseffekte. – Baden-Baden.
- Baumert, J./Maaz, K./Gresch, C./McElvany, N./Anders, Y./Jonkmann, K./Neumann, M./Watermann, R.* (2010): Der Übergang von der Grundschule in die weiterführende Schule – Leistungsgerechtigkeit und regionale, soziale und ethnisch-kulturelle Disparitäten: Zusammenfassung der zentralen Befunde. In: *Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)* (Hrsg.): Der Übergang von der Grundschule in die weiterführende Schule. – Leistungsgerechtigkeit und regionale, soziale und ethnisch-kulturelle Disparitäten. – Bonn/Berlin, S. 5-21.
- Best, J.R./Miller, P.H./Naglieri, J.A.* (2011): Relations between Executive Function and Academic Achievement from Ages 5 to 17 in a Large, Representative National Sample. *Learning and Individual Differences*, 21, 4, S. 327-336.
- Beudels, W.* (1996): Evaluation psychomotorischer Fördermaßnahmen bei von der Schule zurückgestellten Kindern. *Motorik*, 19, S. 26-36.

- Blair, C./Razza, R.P. (2007): Relating Effortful Control, Executive Function, and False Belief Understanding to Emerging Math and Literacy Ability in Kindergarten. *Child Development*, 78, 2, S. 647-663.
- Boriss, K. (2012): Lernen und Bewegung – Auswirkungen körperlicher Aktivität auf kognitive Fähigkeiten und Konsequenzen für die individuelle Förderung. In: Neuber, N./Pfitzner, M. (Hrsg.): *Individuelle Förderung im Sport – Pädagogische Grundlagen und didaktisch-methodische Konzepte*. – Münster, S. 123-147.
- Boriss, K. (2015): Lernen und Bewegung im Kontext der individuellen Förderung. *Förderung exekutiver Funktionen in der Sekundarstufe I*. – Wiesbaden.
- Boucarg, G.K./Albinet, C.T./Bugajska, A./Bouquet, C.A./Clarys, D./Audiffren, M. (2012): Impact of Physical Activity on Executive Functions in Aging: A Selective Effect on Inhibition Among Old Adults. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 34, 6, S. 808-827.
- Brocki, K.C./Bohlin, G. (2004): Executive Functions in Children Aged 6 to 13: A Dimensional and Developmental Study. *Developmental Neuropsychology*, 26, 2, S. 571-593.
- Budde, H./Voelcker-Rehage, C./Pietrafyk-Kendziorra, S./Ribeiro, P./Tidow, G. (2008): Acute Coordinative Exercise Improves Attentional Performance in Adolescents. *Neuroscience Letters*, 441, 2, S. 219-223.
- Chang, Y.-K./Tsai, Y.-J./Chen, T.-T./Hung, T.-M. (2012): The Impacts of Coordinative Exercise on Executive Function in Kindergarten Children: An ERP Study. *Experimental Brain Research*, 225, 2, S. 187-196.
- Chodzko-Zajko, W.J. (1991): Physical Fitness, Cognitive Performance, and Aging. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23, 7, S. 868-872.
- Colcombe, S.J./Kramer, A.F./Erickson, K.I./Paige, S./McAuley, E./Cohen, N.J./Webb, A./Jerome, G.J./Marquez, D.X./Elavsky, S. (2004): Cardiovascular Fitness, Cortical Plasticity, and Aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101, 9, S. 3316-3321.
- Conzelmann, A./Schmidt, M./Valkanover, S./Berger, R. (2011): *Persönlichkeitsentwicklung durch Schulsport. Theorie, Empirie und Praxisbausteine der Berner Interventionsstudie Schulsport (BISS)*. – Bern.
- Cutting, L.E./Materik, A./Cole, C.A.S./Levine, T.M./Mahone, E.M. (2009): Effects of Fluency, Oral Language, and Executive Function on Reading Comprehension Performance. *Annals of Dyslexia*, 59, 1, S. 34-54.
- Dietrich, K./Landau, G. (1990): *Sportpädagogik. Grundlagen, Positionen, Tendenzen*. – Reinbek bei Hamburg.
- Dowsett, S.M./Livesey, D.J. (2000): The Development of Inhibitory Control in Preschool Children: Effects of “Executive Skills” Training. *Developmental Psychobiology*, 36, 2, S. 161-174.
- Duckworth, A.L./Seligman, M.E.P. (2005): Self-discipline Outdoes IQ in Predicting Academic Performance of Adolescents. *Psychological Science*, 16, 12, S. 939-944.
- Ehlert, A. (2007): *Arbeitsgedächtnis und Rechnen im Vorschulalter. Die Entwicklung eines Arbeitsgedächtnistests und eines Untersuchungsverfahrens für mathematische Kompetenzen zur Überprüfung des Einflusses des Arbeitsgedächtnisses nach Baddeley auf mathematische Fertigkeiten im Vorschulalter*. – Frankfurt am Main.
- Elleberg, D./St-Louis-Deschênes, M. (2010): The Effect of Acute Physical Exercise on Cognitive Function during Development. *Psychology of Sport and Exercise*, 11, 2, S. 122-126.
- Fend, H. (2005): *Entwicklungspsychologie des Jugendalters*. – Opladen.
- Gathercole, S.E./Alloway, T.P. (2008): *Working Memory and Learning. A Practical Guide for Teachers*. – Los Angeles, CA.
- Gerlach, E./Bund, A./Bähr, I./Sygusch, R. (2010): Wirkungsforschung im Sportunterricht. In: Fessler, N./Hummelt, A./Stibbe, G. (Hrsg.): *Handbuch Schulsport*. – Schorndorf, S. 524-540.
- Hillman, C.H./Pontifex, M.B./Raine, L.B./Castelli, D.M./Hall, E.E./Kramer, A.F. (2009): The Effect of Acute Treadmill Walking on Cognitive Control and Academic Achievement in Preadolescent Children. *Neuroscience*, 159, 3, S. 1044-1054.
- Hillman, C.H./Snook, E.M./Jerome, G.J. (2003): Acute Cardiovascular Exercise and Executive Control Function. *International Journal of Psychophysiology*, 48, 3, S. 307-314.
- Hooper, S.R./Swartz, C.W./Wakely, M.B./Kruif, R.E.L. de/Montgomery, J.W. (2002): Executive Functions in Elementary School Children with and without Problems in Written Expression. *Journal of Learning Disabilities*, 35, 1, S. 57-68.

- Huizinga, M./Dolan, C.V./van der Molen, M.W. (2006): Age-related Change in Executive Function: Developmental Trends and a Latent Variable Analysis. *Neuropsychologia*, 44, 11, S. 2017-2036.
- Kirchmann, H./Steyer, R. (2012): Evaluation von Behandlungseffekten in quasi-experimentellen Studien. *Psychotherapie, Psychosomatik, medizinische Psychologie*, 62, 3-4, S. 149-151.
- Koch, K. (2008): Von der Grundschule zur Sekundarschule. In: *Helsper, W.* (Hrsg.): *Handbuch der Schulforschung*. – Wiesbaden, S. 577-592.
- Kramer, A.F./Hahn, S./McAuley, E./Cohen, N.J./Banich, M.T./Harrison, C./Chason, J./Boileau, R.A./Bardell, L./Colcombe, A. (2001): Exercise, Aging, and Cognition: Healthy Body, Healthy Mind? In: *Rogers, W.A./Fisk, A.D.* (Hrsg.): *Human Factors Interventions for the Health Care of Older Adults*. – Mahwah, N.J, S. 91-120.
- Kubesch, S. (Hrsg.) (2014): *Exekutive Funktionen und Selbstregulation. Neurowissenschaftliche Grundlagen und Transfer in die pädagogische Praxis*. – Göttingen.
- 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, S. 235-242.
- Leschinski, A. (2014): Bedeutung von Bewegung in der Ganztagschule aus Sicht der Schüler(innen). In: *Hildebrandt-Stramann, R./Laging, R./Teubner, J.* (Hrsg.): *Bewegung und Sport in der Ganztagschule – StuBSS: Ergebnisse der Studie zur Entwicklung von Bewegung, Spiel und Sport in der Ganztagschule*. – Baltmannsweiler, S. 325-360.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW NRW) (1999): *Sekundarstufe II – Gymnasium/Gesamtschule. Richtlinien und Lehrpläne*. – Düsseldorf.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW NRW) (2012): *Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen. Schulgesetz NRW – SchulG*. – Düsseldorf.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW NRW) (2014): *Rahmenvorgaben für den Schulsport in Nordrhein-Westfalen*. – Düsseldorf.
- Miyake, A./Friedman, N.P./Emerson, M.J./Witzki, A.H./Howterter, A./Wager, T.D. (2000): The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex "Frontal Lobe" Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 1, S. 49-100.
- Neuber, N. (2007): *Entwicklungsförderung im Jugendalter. Theoretische Grundlagen und empirische Befunde aus sportpädagogischer Perspektive*. – Schorndorf.
- Oerter, R./Dreher, E. (2008): Kapitel 8: Jugendalter. In: *Oerter, R./Montada, L.* (Hrsg.): *Entwicklungspsychologie*. – Weinheim, Basel, S. 271-332.
- Prohl, R. (1999): *Grundriß der Sportpädagogik*. – Wiebelsheim.
- Scherler, K. (1997): Die Instrumentalisierungsdebatte in der Sportpädagogik. *Sportpädagogik*, 21, 2, S. 5-11.
- Sibley, B.A./Etmier, J.L./Le Masurier, G.C. (2006): Effects of an Acute Bout of Exercise on Cognitive Aspects of Stroop Performance. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 28, 3, S. 285-299.
- Smiley-Oyen, A.L./Lowry, K.A./Francois, S.J./Kohut, M.L./Ekkekakis, P. (2008): Exercise, Fitness, and Neurocognitive Function in Older Adults: The "Selective Improvement" and "Cardiovascular Fitness" Hypotheses. *Annals of Behavioral Medicine*, 36, 3, S. 280-291.
- Stroop, J.R. (1935): Studies of Interference in Serial Verbal Reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 6, S. 643-662.
- Stroth, S. (2009): *Einfluss eines Ausdauerlauftrainings auf exekutive Funktionen und deren hirnelektrische Korrelate unter Berücksichtigung eines genetischen Polymorphismus. Dissertation*. – Ulm.
- Thiel, A./Teubert, H./Kleindienst-Cachay, C. (2006): *Die „bewegte Schule“ auf dem Weg in die Praxis. Theoretische und empirische Analysen einer pädagogischen Innovation*. – Baltmannsweiler.
- Verhaeghen, P./Cerella, J./Basak, C. (2004): A Working Memory Workout: How to Expand the Focus of Serial Attention from One to Four Items in 10 Hours or Less. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 30, 6, S. 1322-1337.
- Voelcker-Rehage, C./Godde, B./Staudinger, U.M. (2011): Cardiovascular and Coordination Training Differentially Improve Cognitive Performance and Neural Processing in Older Adults. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5, 26, S. 1-12.
- Zimmer, R. (1980): *Der Einfluß des Sports auf die Persönlichkeitsentwicklung von Kindern im Vorschulalter. Eine experimentelle Untersuchung über den Zusammenhang motorischer, kognitiver, affektiver und sozialer Variablen. Dissertation*. – Osnabrück.