

Sportwiss 2015
 DOI 10.1007/s12662-015-0359-y
 Eingegangen: 12. August 2014
 Angenommen: 20. Januar 2015

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Tim Dirksen¹ · Karen Zentgraf² · Heiko Wagner¹

¹ Arbeitsbereich Bewegungswissenschaft, WWU Münster, Münster, Deutschland

² Arbeitsbereich Leistung und Training, WWU Münster, Münster, Deutschland

Bewegungskoordination und Schulerfolg?

Feldstudie zum Einfluss einer Bewegungsintervention auf koordinative und schulische Leistungen in der Sekundarstufe I

Aktuelle Querschnittstudien weisen darauf hin, dass starke Assoziationen zwischen der koordinativen und schulischen Leistungsfähigkeit von Kindern bestehen (Planinsec, 2002; Nourbakhsh, 2006; Dhingra, Manhas, & Kohli, 2010). Insbesondere visuell-räumliche Wahrnehmungsleistungen (Kaiser, Albaret, & Doudin, 2009), kinästhetische Differenzierung (Morales, González, Guerra, Virgili, & Unnithan, 2011) sowie die Qualität der Gleichgewichtsregulation (Bittmann, Gutschow, Luther, Wessel, & Kurths, 2005) werden dabei als Prädiktoren für den Schulerfolg von Kindern angesehen. Ein Erklärungsansatz für diese Zusammenhänge besteht darin, dass die Ausführung von Bewegungen mit hohem koordinativem Anspruch gleichzeitig auch Anforderungen an kognitive Prozesse der Informationsverarbeitung stellt (Planinsec, 2001). Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass die Gehirnregionen, die bei der Bearbeitung bestimmter motorischer und kognitiver Aufgaben aktiviert werden, strukturell und funktionell miteinander gekoppelt sind (Ratey, 2003; Volcker-Rehage & Alberts, 2005). So steigt beispielsweise bei zunehmender Aktivierung des Kleinhirns auch die Aktivierung des präfrontalen Kortex, dem überwiegend kognitive Funktionen zugeschrieben werden (Diamond, 2000). Auf dieser Grundlage konnten Zusammenhänge zwischen der Bewegungskoordination und der Aufmerksamkeitsleistung von Kindern gezeigt werden (Piek, Pitcher, & Hay, 1999). Darüber hinaus zeigten Rigo-

li, Piek, Kane, und Oosterlaan (2012) Korrelationen zwischen koordinativen Testergebnissen und exekutiv-funktionalen Variablen in den Bereichen Arbeitsgedächtnis, Inhibition und kognitive Flexibilität auf, die durch den Einfluss der Bewegungskoordination auf kognitive Leistungsparameter begründet sein könnten. Insbesondere die exekutiven Funktionen werden dabei als wichtige Einflussgröße bei der Planung, Überwachung und Kontrolle von zielgerichteten Handlungen (Tomporowski et al., 2008, Hughes & Graham, 2002) und daher als essenzielle Voraussetzung für Lernfortschritte angesehen (Blair, 2002).

Trotz des Potenzials, das koordinativer Leistungsfähigkeit für eine Lernförderung von Kindern zugeschrieben wird, mangelt es an schulbasierten Interventionsstudien, die sich mit dem möglichen Einfluss eines gezielten koordinativ ausgelegten Bewegungsprogrammes auf die schulischen Leistungen von Schülerinnen und Schülern auseinandersetzen.

Seit einigen Jahren erhalten Interventionsstudien in der Schule zwar immer mehr Aufmerksamkeit (Naylor & McKay, 2009), allerdings liegt der Fokus auf der Untersuchung der Wirkung einer allgemein erhöhten körperlichen Aktivität (Sallis et al., 2003; Coe, Pivarnik, Womack, Reeves, & Malina, 2006; Ericsson, 2008, Kriemler et al., 2010, Donnelly et al., 2009) sowie des Einflusses von zusätzlichem Kraft- und Ausdauertraining auf den Schulerfolg (Castelli, Hillman, Buck, Erwin, 2007; Hillman, Erickson, & Kra-

mer, 2008; Gunter et al., 2008). Die möglichen Effekte eines Koordinationstrainings werden hingegen weniger stark berücksichtigt, obwohl bereits einige Studien auf den positiven Einfluss eines solchen Trainings auf kognitive Kontrollprozesse – insbesondere bei Kindern im Alter von 11 bis 13 Jahren (Sibley & Etnier, 2003) – hinweisen (Moreau, 2013; Piek et al., 2004; Planinsec, 2002).

Das besondere Potenzial eines Koordinationstrainings liegt in seinem methodischen Grundsatz, dass vielseitige und ungewohnte Bewegungsaufgaben in variablen Anforderungssituationen absolviert werden sollen (Bernstein, 1988; Neumaier, 2006), die einen erhöhten Einsatz von Aufmerksamkeitsressourcen erfordern und somit möglicherweise die Effektivität neurokognitiver Verarbeitungsprozesse steigern (Chang, Tsai, Chen, & Hung, 2013). Besonders bei neuen, koordinativ herausfordernden Bewegungsaufgaben sollte demnach eine hohe kognitive Beanspruchung bestehen, da deren erfolgreiche Bewältigung eine ständige Überwachung der Aufgabensituation für die Planung der Folgehandlungen (Arbeitsgedächtnis), die Unterdrückung automatisierter „Alltagsbewegungen“ (Inhibition) sowie die unmittelbare und nachhaltige Korrektur von „falschen“ Bewegungen (kognitive Flexibilität) erfordert (Piek et al., 2004).

Ausgehend von diesen Erkenntnissen darf vermutet werden, dass die ständig neue Anpassung von Bewegungen an koordinativ hohe und variable Aufgabenan-

forderungen dazu beiträgt, dass auch kognitive Kontrollprozesse flexibler und effizienter eingesetzt sowie Strategien zur Aufgabenlösung automatisiert werden können (Roebbers & Kauer, 2009; Neumaier, 2006).

Mit dem Nachweis möglicher Begünstigungen der schulischen Leistungen durch ein gezieltes Koordinations- und Training könnte das besondere Potenzial des Sportunterrichts herausgestellt werden, nicht nur motorische, sondern auch schulische Leistungsparameter bei Kindern positiv zu beeinflussen. Die vorliegende Studie widmete sich daher der Frage, inwieweit ein im Schulsport durchgeführtes, koordinatives Interventionsprogramm Auswirkungen auf die koordinative und schulische Leistungsfähigkeit von Schülerinnen und Schülern im Alter von 11 bis 13 Jahren hat. Basierend auf den Ergebnissen einer Interventionsstudie, die auf den positiven Einfluss eines sechswöchigen Trainings der Auge-Hand-Koordination auf das Leseverständnis von Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 5 hinweist (Uhrich & Swalm, 2007), wurde folgende Hypothese formuliert: Schülerinnen und Schüler, die im Rahmen des Sportunterrichts eine spezifische Bewegungsintervention mit hohem koordinativem Anspruch absolvieren, erreichen einen größeren Zuwachs bezüglich ihrer koordinativen und schulischen Leistungsfähigkeit als Schülerinnen und Schüler, die am unveränderten Sportunterricht partizipieren.

Methoden

Die durchgeführte Interventionsstudie basierte auf einem klassischen Kontrollgruppendesign mit Messwiederholung. Während die Interventionsgruppe im Rahmen des regulären Sportunterrichts eine 20-wöchige, explizit koordinative Bewegungsförderung erhielt, nahm die Kontrollgruppe am regulären Sportunterricht teil. Die Intervention wurde von den Sportlehrern durchgeführt und jede Unterrichts- sowie Interventionseinheit wurde auf einem den Lehrkräften zur Verfügung gestellten Protokollbogen dokumentiert. Aus den Protokollen der Lehrkräfte ging hervor, dass der reguläre Sportunterricht von Interventions- und Kontroll-

gruppe die Sportarten Volleyball, Basketball, Fußball, Ringen und Kämpfen sowie Akrobatik und Turnen umfasste. Vor Beginn (Prätest) und direkt nach Ende der Interventionszeit (Posttest) wurden die koordinative und schulische Leistungsfähigkeit von Interventions- und Kontrollgruppe erfasst.

Stichprobe

Zur Generierung der Stichprobe wurden Schulen aus dem Münsterland (NRW) telefonisch kontaktiert und über Studienidee und -ziele informiert. Interessierte Schulen erhielten ein ausführliches Informationsschreiben zum Untersuchungsvorhaben sowie eine von den Erziehungsberechtigten der Schülerinnen und Schüler zu unterschreibende Einverständniserklärung. Nach anschließenden persönlichen Gesprächen konnten vier Schulen (zwei Gesamt- und zwei Realschulen) für die Teilnahme an der Studie gewonnen werden. Die Gruppeneinteilung erfolgte im Klassenverbund, die einzelnen Treatments wurden zufällig zugewiesen. Beim Prätest umfasste die Interventionsgruppe vier Klassen der Jahrgangsstufe 6 mit insgesamt $n=113$, die Kontrollgruppe der gleichen Jahrgangsstufe vier Klassen mit $n=111$ Schülerinnen und Schülern, woraus sich ein Gesamtstichprobenumfang von $n=224$ ergab. Das durchschnittliche Alter der Kinder betrug 12,00 Jahre ($SD=0,46$). Die vorliegende Studie wurde von der örtlichen Ethikkommission genehmigt.

Dropouts und Compliance

Es wurden die Interventionsklassen (inklusive der zugehörigen Kontrollklassen) von den Berechnungen ausgeschlossen, die weniger als 80 % der Interventionseinheiten absolviert haben. Die Analyse der Protokollbögen, auf denen die Lehrkräfte die Zahl und Inhalte der durchgeführten Einheiten festgehalten hatten, ergab, dass zwei Interventionsklassen das Programm ordnungsgemäß durchgeführt hatten (95 bzw. 92,5 %). In den anderen beiden Interventionsklassen wurden nur 62,5 bzw. 27,5 % der Einheiten absolviert. Basierend auf diesen Ergebnissen erfolgte ein Ausschluss von $n=117$ Probanden, was einer Dropout-Quote von etwa 52,2 % ent-

spricht. Daraus ergab sich für die Untersuchungsgruppe ein Stichprobenumfang von $n=107$ mit 53 Schülerinnen und Schülern für die Interventionsgruppe und 54 Schülerinnen und Schülern für die Kontrollgruppe.

Innerhalb der verbliebenen Untersuchungsgruppe schieden bei den koordinativen Aufgaben Schülerinnen und Schüler aus, die nicht zu beiden Testzeitpunkten an den Erhebungen teilgenommen haben. Dabei kam es zu einem weiteren Dropout von $n=16$, wobei 11 Personen der Interventionsgruppe und 5 Personen der Kontrollgruppe angehörten. Somit wurden insgesamt $n=91$ mit 42 Schülerinnen und Schülern für die Interventionsgruppe und 49 Schülerinnen und Schülern für die Kontrollgruppe in die Auswertung der motorischen Koordinationstests einbezogen.

Hinsichtlich der Schulleistungstests kam es zu einem Ausscheiden von $n=13$ Personen, von denen sich 6 in der Interventionsgruppe und 7 in der Kontrollgruppe befanden. Weitere Ausschlüsse wurden nur dann vorgenommen, wenn vom Testverfahren spezifische Ausschlusskriterien vorgegeben waren. Dies führte lediglich im Salzburger Lesescreening zu einem Ausschluss von 5 Probandinnen und Probanden der Kontrollgruppe. Somit ergab sich für die Hamburger Schreibprobe und den Mathematiktest eine Stichprobe von $n=94$ mit jeweils 47 Probanden für Interventions- und Kontrollgruppe. Beim Salzburger Lesescreening gingen $n=89$ mit 47 Probanden für die Interventionsgruppe und 42 Probanden für die Kontrollgruppe in die Auswertung ein.

Intervention

Da speziell die visuell-räumliche Wahrnehmungsleistung, die kinästhetische Differenzierung und die Qualität der Gleichgewichtsregulation stärkere Assoziationen mit der Schulleistung aufweisen, lag der inhaltliche Schwerpunkt der Intervention auf der Förderung ebendieser Leistungsbereiche. Die Entwicklung des Programms erfolgte dabei unter Berücksichtigung einer ökonomischen Durchführbarkeit sowie elementarer, methodischer Grundsätze zur Förderung der Bewegungskoordination (Neumaier & Mechling, 1994). So war bei der praktischen

T. Dirksen · K. Zentgraf · H. Wagner

Bewegungskoordination und Schulerfolg?. Feldstudie zum Einfluss einer Bewegungsintervention auf koordinative und schulische Leistungen in der Sekundarstufe I

Zusammenfassung

Aktuelle Studien haben gezeigt, dass starke Assoziationen zwischen der koordinativen und schulischen Leistungsfähigkeit von Kindern bestehen. Trotz dieser Erkenntnisse mangelt es an schulbasierten Interventionsstudien, die sich mit dem möglichen Einfluss eines gezielten koordinativ ausgelegten Bewegungsprogramms auf die schulischen Leistungen von Schülerinnen und Schülern auseinandersetzen. Aus diesem Grund wurde in der vorliegenden Interventionsstudie mit Kontrollgruppendesign und Messwiederholung untersucht, inwiefern sich ein 20-wöchiges Koordinationstraining bei Kindern der Jahrgangsstufe 6 positiv auf deren koordinative und schulische Leistungsfähigkeit auswirkt. Sowohl die koordinativen Leistun-

gen (in den Bereichen Gleichgewicht, räumliche Orientierung, kinästhetische Differenzierung und Auge-Hand-Koordination) als auch die schulischen Leistungen (in den Bereichen Lesen, Schreiben und Mathematik) wurden mit ökonomischen, weitestgehend standardisierten Testverfahren erfasst. Für die Analyse von Entwicklungsdifferenzen zwischen Interventions- und Kontrollgruppe wurden einfaktorische Varianzanalysen mit Messwiederholung durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Interventionsgruppe schon bei geringer Trainingsdosis in zwei koordinativen Leistungsbereichen (kinästhetische Differenzierung, Auge-Hand-Koordination) sowie in einem schulischen Leistungsbereich (Schreiben) signifikant stärker verbessern konnte als

die Kontrollgruppe. Insgesamt muss die Befundlage aber noch als indifferent bezeichnet werden, sodass der Wirkungsgrad der Intervention nicht klar von anderen Einflussfaktoren wie der Motivation oder der psychophysischen „Tagesform“ abgegrenzt werden kann. Durch eine Veränderung der Interventionsqualität hinsichtlich einer unmittelbaren Kopplung koordinativer Aufgaben an kognitive Anforderung sowie eine optimierte Anpassung der Testverfahren an das Setting Schule könnten möglicherweise weiterführende Erkenntnisse gewonnen werden.

Schlüsselwörter

Intervention · Bewegungskoordination · Schulleistung · Kinder · Sekundarstufe I

Movement coordination and success at school?. Field study on the influence of movement interventions on coordinative and school achievements in secondary school grade I

Abstract

Recent studies have shown that strong associations exist between coordinative and academic achievements of children. Despite this knowledge there is a lack of school-based interventional studies which deal with the possible influence of a targeted coordinatively planned movement program on the academic achievements of school pupils. Therefore, this interventional study with a control group design and repeat measurements investigated to what extent a 20-week coordination training for children in grade 6 had for a positive effect on their coordinative and academic achievements. The coordinative achievements (in the disciplines equilibrium, spatial orientation, kinesthetic differen-

tiation and hand-eye coordination) and the academic achievements (in the disciplines reading, writing and mathematics) were collated with economical test procedures standardized to the greatest possible extent. For the analysis of developmental differences between the intervention and control groups, univariate analysis of variance with repeat measurements was carried out. The results showed that the intervention group could show a significantly greater improvement in two coordinative fields (i.e. kinesthetic differentiation and hand-eye coordination) and also in one academic discipline (i.e. writing) than the control group even at a low level of training. However, in total the findings must

be described as indifferent so that the effectiveness of the intervention cannot be clearly differentiated from other influencing factors, such as motivation or the psychophysical state. By alteration of the quality of the intervention with respect to a direct coupling of coordinative tasks to cognitive requirements and an optimized customization of the test procedure for the setting of schools, additional more informative knowledge could possibly be acquired.

Keywords

Intervention · Movement coordination · School achievement · Children · Secondary school stage I

Umsetzung darauf zu achten, die Informationsanforderungen (optisch, akustisch, taktil, kinästhetisch, vestibulär) und Druckbedingungen (Präzisions-, Zeit-, Komplexitäts-, Situations- und Belastungsdruck) der Übungen so zu verändern, dass eine ungewohnte Bewegungsaufgabe entstand (Neumaier, 2006). Beispielsweise wurden Balancieraufgaben gewählt, die mit geschlossenen Augen (Veränderung der optischen Informationsanforderung) und auf beweglichem Untergrund (Erhöhung des Situationsdrucks)

absolviert werden mussten, um neben der koordinativen Anforderung auch einen Anspruch an das Arbeitsgedächtnis und die kognitive Flexibilität zu stellen. Um dabei sowohl auf koordinativer als auch auf kognitiver Ebene Leistungszuwächse basierend auf sukzessiven Anpassungsprozessen induzieren zu können, wurden die Aufgabenanforderungen durch eine vielfältige Variation der Trainingsmittel (z. B. Üben unter Zeit- und Präzisionsdruck) schrittweise erhöht. Zur Förderung der visuell-räumlichen Wahrneh-

mungsleistung kamen komplexe Hindernisläufe, Ball- und Fangspiele sowie Jonglagen zum Einsatz. Zur Verbesserung der Gleichgewichtsregulation dienten verschiedene Einbeinstände und Balancierparcours. Der Leistungsbereich „Differenzierung“ wurde mit Zielwurf- und Zielsprungübungen angesprochen. Um die mit der Interventionsdurchführung verbundenen Einschränkungen des regulären Sportunterrichts möglichst gering zu halten, wurde die Interventionszeit auf zwei 15-minütige Einheiten pro Woche

Tab. 1 Übersicht der koordinativen Testaufgaben

Leistungsbereich	Aufgabe	Sportmotorischer Test
Gleichgewicht	Einbeinstand auf der T-Schiene (Anzahl der Fehler nach 60 Sekunden)	EuroFit (van Mechelen, 1991)
Räumliche Orientierung	Medizinballnummernlauf (Mittelwert der benötigten Zeit aus zwei Wertungsdurchgängen)	Orientierungstest nach Jung (in Hirtz, Hotz, & Ludwig, 2000)
Kinästhetische Differenzierung	Zielwerfen (Mittelwert der erreichten Punktzahl aus zwei Wertungsdurchgängen)	Münchener Fitnessstest (Rusch & Irrgang, 1994)
Auge-Hand-Koordination	Einhändiges Fangen (Mittelwert der gefangenen Bälle aus zwei Wertungsdurchgängen)	M-ABC für Kinder (Petermann, 2009)

festgelegt. Basierend auf dem 20-wöchigen Interventionszeitraum konnten somit maximal 40 Einheiten durchgeführt werden.

Messverfahren

Während die Erfassung der koordinativen Leistungsfähigkeit in den Sporthallen der jeweiligen Schule erfolgte, wurden die Schulleistungstests in den Klassenräumen der Interventions- und Kontrollklassen durchgeführt. Die Datenerhebung erfolgte durch die Testleitung sowie geschulte Hilfskräfte; die Dateneingabe und -auswertung wurde ausschließlich von der Testleitung vorgenommen.

Koordinative Aufgaben

Im Sinne einer einfachen und ökonomischen Durchführbarkeit in der Schule wurde versucht, die Anzahl der Koordinationsaufgaben möglichst gering zu halten und auf Zusatzmaterialien weitestgehend zu verzichten. Die resultierende Testbatterie bestand aus vier Testaufgaben, von denen zwei die Leistung im Bereich der visuell-räumlichen Wahrnehmung (räumliche Orientierung, Auge-Hand-Koordination) und jeweils eine die Leistung im Bereich Gleichgewicht und kinästhetische Differenzierung erfassen sollte.

Aus **Tab. 1** wird ersichtlich, dass die gewählten Testaufgaben etablierten, sportmotorischen Testverfahren (SMTs) entsprachen.

- a. Das Gleichgewicht wurde mit der Testaufgabe „Einbeinstand auf der T-Schiene“ erfasst. Dabei versuchte die Testperson, eine Minute lang mit einem Bein auf einer 3 cm breiten Holzschiene zu stehen. Die Arme

befanden sich im Hüftstütz, und das freie Bein musste in der Luft gehalten werden, ohne den Boden oder die Holzschiene zu berühren. Das Lösen der Arme aus der Hüfte und/oder der Fußkontakt mit dem Boden bzw. der Schiene wurden jeweils als Fehler gewertet. Die Testperson gab das Startsignal, und der Standfuß durfte während des gesamten Durchgangs nicht gewechselt werden. Nach einem Probedurchgang folgte ein Wertungsdurchgang.

- b. Zur Überprüfung der räumlichen Orientierungsleistung diente der „Medizinballnummernlauf“. Ausgehend von einem ersten Medizinball (Startmedizinball) befanden sich im Abstand von 3 m fünf Medizinbälle, die mit den Zahlen 1–5 nummeriert waren und im Abstand von 1,5 m zueinander auf einer Kreisbahn lagen. Die Testperson stand mit dem Rücken zu den nummerierten Medizinbällen hinter dem Startmedizinball. Die Zahlenreihenfolge auf den Medizinbällen wurde vom Testleiter zufällig verändert. Auf Zuruf einer Zahl drehte sich die Testperson um und lief zu dem Medizinball mit der richtigen Nummer, berührte diesen und lief zur Ausgangsposition zurück. Kurz vor dem Erreichen des Startmedizinballes rief der Testleiter eine neue Zahl. Ein Versuch war beendet, wenn die Testperson drei Bälle richtig angelaufen und am Ende den Startmedizinball abgeschlagen hat. Nach einem Probedurchgang schlossen sich zwei Wertungsläufe an.
- c. Die Erfassung der Auge-Hand-Koordination erfolgte mit der Aufga-

be „Einhändiges Fangen“. Dabei stand die Testperson mit beiden Beinen an einer Markierung, die 2 m von der Hallenwand entfernt war. Die Aufgabe bestand darin, einen Tennisball mit einer Hand gegen die Wand zu werfen und ihn mit der anderen Hand wieder aufzufangen. Jeder Durchgang dauerte 30 Sekunden. Das Fangen des Balles mit beiden Händen oder der Wurfhand wurde nicht gewertet. Nach vier Probewürfen führte die Testperson zwei Wertungsversuche durch.

- d. Beim „Zielwerfen“ zur Erfassung der kinästhetischen Differenzierungsleistung sollten unterschiedlich schwere Sandsäckchen (80 g, 200 g, 500 g) in einen 4 m entfernten Zielbereich geworfen werden. Der Zielbereich bestand aus sieben 15 cm breiten Zielzonen mit verschiedenen Wertigkeiten (1-3-5-7-5-3-1), sodass in der Mitte des Zielbereichs die meisten Punkte zu erreichen waren. Nach drei Probewürfen (jeweils ein Wurf pro Sandsäckchen) schlossen sich 2×6 gewertete Würfe an. Die Sandsäckchen durften ausschließlich von unten geworfen werden. Die Reihenfolge der Bälle mit den verschiedenen Gewichten wurde zufällig verändert.

Schulleistungstests

Die Schulleistung in den Bereichen Lesen, Schreiben und Mathematik wurde mit jeweils einem Testverfahren überprüft:

- a. Die Lesefähigkeit wurde anhand des Salzburger Lesescreenings 5–8 überprüft (Mayringer & Wimmer, 2002). Bei diesem Test hatten die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe, in 3 min möglichst viele Sätze zu lesen und zu entscheiden, ob die einzelnen Aussagen richtig oder falsch sind. Für die Auswertung wurden der Rohwert (Anzahl korrekt bearbeiteter Sätze) sowie der Lesequotient (anhand der Normwerttabelle für die sechste Klasse) ermittelt. Die anhand der Paralleltest-Methode ermittelte Reliabilität des Verfahrens beträgt 0,89. Die mittels Außenkriterium errechnete Validität des Verfahrens beträgt 0,78 (Auer, Gruber, Mayringer, & Wimmer, 2005).

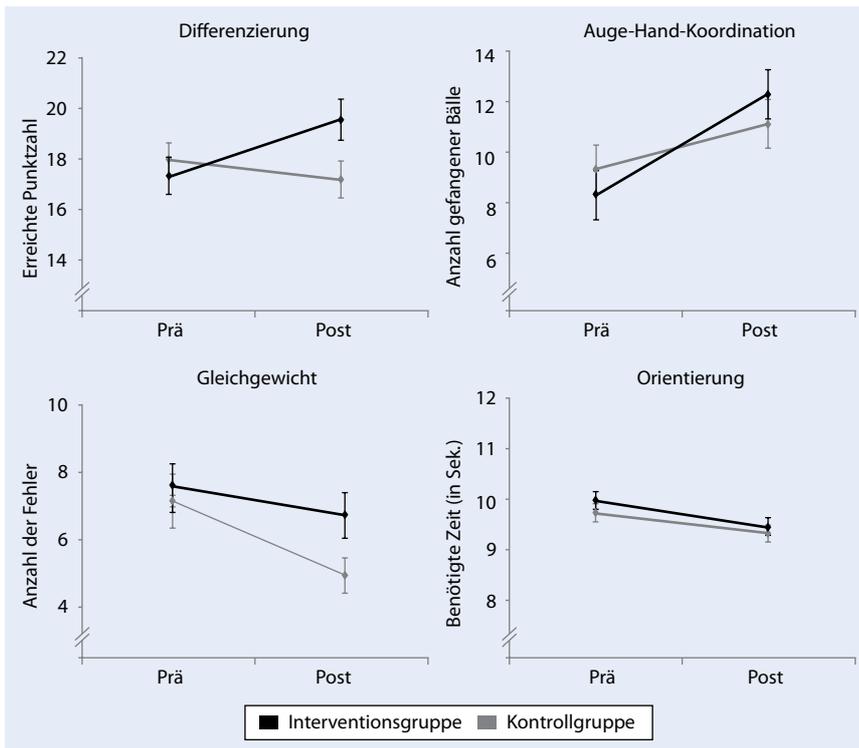


Abb. 1 ▲ Ergebnisse in koordinativen Leistungsbereichen. Dargestellt sind die Leistungsentwicklungen der Interventions- und Kontrollgruppe in allen koordinativen Leistungsbereichen vom Prä- zum Posttest

- b. Zur Erfassung der Schreibleistung wurde die Hamburger Schreibprobe 5–9 herangezogen (May, 2002). Die Aufgabe bestand darin, diktierete Wörter und Sätze möglichst fehlerfrei aufzuschreiben. In die Auswertung gingen Rechtschreibfehler, Groß- und Kleinschreibung sowie Zeichensetzung ein. Laut Angaben des Autors liegt die interne Konsistenz des Verfahrens bezogen auf die Gesamtergebnisse zwischen 0,92 und 0,99. Für die interne Kriteriumsvalidität wird ein Wert von 0,87 angegeben.
- c. Während es sich beim Lese- und Schreibtest um standardisierte Testverfahren handelte, musste zur Feststellung der Mathematikleistung auf ein neu entwickeltes Testverfahren (unveröffentlicht, Zinter, 2012, WWU Münster) zurückgegriffen werden, da bis dato noch kein adäquater, standardisierter Mathematiktest für die Sekundarstufe I vorliegt. Innerhalb von 30 min sollten die Schülerinnen und Schüler Mathematikaufgaben aus den Kernbereichen Stochastik, Algebra und Geometrie lösen. Anhand eines

Lösungsbogens konnte die erreichte Punktzahl in den einzelnen Bereichen sowie die daraus resultierende Gesamtpunktzahl ermittelt werden.

Statistische Auswertung der Interventionseffekte

Um Aussagen zu den Leistungsentwicklungen von Interventions- und Kontrollgruppe treffen zu können, wurden zunächst mögliche Gruppenunterschiede im Prätest untersucht. Nach Überprüfung der Normalverteilung konnte mittels t-Tests für unabhängige Stichproben gezeigt werden, dass zum ersten Messzeitpunkt weder bei den koordinativen Aufgaben [Gleichgewicht: $t(95) = 0,26$, $p = 0,793$, $d = 0,05$; Orientierung: $t(95) = 0,66$, $p = 0,510$, $d = 0,14$; Differenzierung: $t(95) = -0,47$, $p = 0,633$, $d = -0,09$; Auge-Hand-Koordination: $t(95) = -0,49$, $p = 0,619$, $d = -0,10$] noch bei den schulleistungsbezogenen Tests [Schreiben: $t(97) = 1,06$, $p = 0,290$, $d = 0,21$; Mathe: $t(97) = -1,30$, $p = 0,195$, $d = -0,26$; Lesen: $t(97) = 1,30$, $p = 0,194$, $d = 0,26$] signifikante Unterschiede zwischen den Grup-

pen bestanden. Darüber hinaus konnten auch Unterschiede hinsichtlich des Alters [$t(105) = -0,21$, $p = 0,983$, $d = -0,02$] und des Geschlechts [$t(105) = 0,48$, $p = 0,626$, $d = 0,10$] ausgeschlossen werden.

Für die koordinativen und schulleistungsbezogenen Tests konnten anschließend ANOVAs mit Messwiederholung durchgeführt werden, da bei allen überprüften Variablen Varianzhomogenität vorlag und die Gruppen zu beiden Testzeitpunkten vergleichbar groß waren. Der Untersuchungsfokus lag auf der Interaktion zwischen dem Messwiederholungsfaktor *Zeit* und dem Faktor *Gruppe* (Interventions- und Kontrollgruppe). Die Irrtumswahrscheinlichkeit (p) wurde auf ein α -Niveau von 5% festgelegt. Für die statistische Relevanz der Befunde galt die Effektstärke η^2 ($\eta^2 \geq 0,01$ als kleine, $\eta^2 \geq 0,06$ als mittlere und $\eta^2 \geq 0,14$ als große Effektstärke (Cohen, 1988)). Im Falle statistisch bedeutsamer Interaktionen wurden die Interaktionseffekte für Einzelvergleiche zusätzlich mit Post-hoc-Tests aufgelöst. Bei multiplen Testungen in einer Stichprobe wurde das α -Niveau mit der Bonferroni-Korrektur angepasst, um der Alphafehler-Kumulierung entgegenzuwirken. Die so angepassten p -Werte werden hier und im Folgenden durch das Symbol „ p_{adj} “ kenntlich gemacht.

Ergebnisse

In **Abb. 1** und **2** sind die Gruppenmittelwerte und Standardfehler bei den koordinativen und schulleistungsbezogenen Testaufgaben vom Prä- zum Posttest dargestellt. Bezüglich der Aufgaben zur Gleichgewichts- und Orientierungsleistung ist darauf zu achten, dass ein geringerer Wert beim Posttest einer Leistungsverbesserung entspricht.

Koordinative Leistungsveränderungen

Die Ergebnisse der ANOVA mit Messwiederholung (**Abb. 1**) zeigen im Bereich der Differenzierungsleistung einen signifikanten Interaktionseffekt zugunsten der Interventionsgruppe [$F(1, 89) = 5,77$; $p = 0,018$; $\eta^2 = 0,061$; $1-\beta = 0,936$]. Dieser Interaktionseffekt wird durch die Einzelvergleiche gestützt: Nur die Interven-

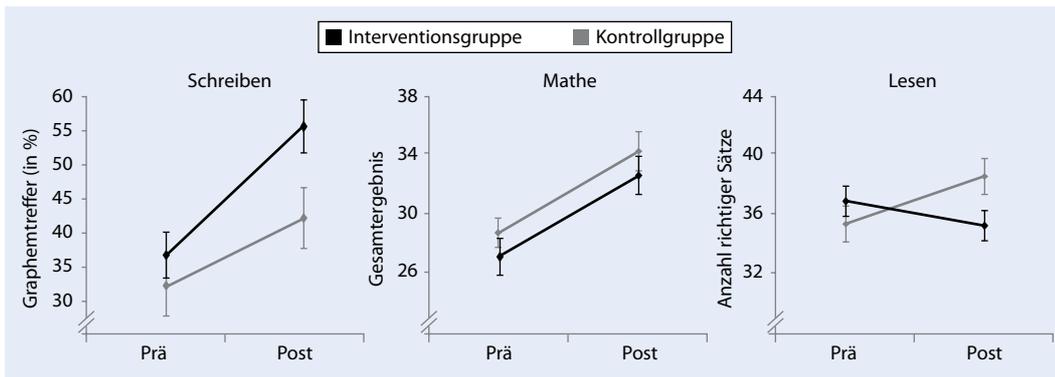


Abb. 2 ◀ Ergebnisse in schulischen Leistungsbereichen. Dargestellt sind die Leistungsentwicklungen der Interventions- und Kontrollgruppe in allen schulischen Leistungsbereichen vom Prä- zum Posttest

tionsgruppe ($p_{\text{adj}}=0,018$; $\eta^2=0,061$), nicht aber die Kontrollgruppe ($p_{\text{adj}}=0,352$; $\eta^2=0,010$) kann sich von Prä- zu Posttest signifikant verbessern. Während sich Interventions- und Kontrollgruppe beim Prätest noch nicht signifikant voneinander unterscheiden ($p_{\text{adj}}=0,516$; $\eta^2=0,005$), liegt zum Posttest ein statistisch bedeutsamer Unterschied zwischen beiden Gruppen vor ($p_{\text{adj}}=0,032$; $\eta^2=0,051$). Haupteffekte hinsichtlich des Messwiederholungsfaktors Zeit [$F(1, 89)=1,28$; $p=0,260$; $\eta^2=0,014$] und des Faktors Gruppe [$F(1, 89)=1,15$; $p=0,294$; $\eta^2=0,012$] bleiben aus.

Im Bereich der Auge-Hand-Koordination zeigt sich neben einem signifikanten Haupteffekt Zeit [$F(1, 89)=48,39$; $p<0,001$; $\eta^2=0,352$] ein signifikanter Interaktionseffekt [$F(1, 89)=7,03$; $p=0,009$; $\eta^2=0,073$; $1-\beta>0,999$] zugunsten der Interventionsgruppe. Hier geht aus den Einzelvergleichen hervor, dass sich beide Gruppen (Interventionsgruppe: $p_{\text{adj}}<0,001$, $\eta^2=0,325$; Kontrollgruppe: $p_{\text{adj}}=0,002$, $\eta^2=0,101$) signifikant verbessern. Allerdings besteht weder beim Prätest ($p_{\text{adj}}=0,461$; $\eta^2=0,006$) noch beim Posttest ($p_{\text{adj}}=0,393$; $\eta^2=0,008$) ein nennenswerter Unterschied zwischen den Gruppen. Ein Haupteffekt des Faktors Gruppe ist ebenfalls nicht festzustellen [$F(1, 89)=0,04$; $p=0,947$; $\eta^2<0,001$].

Hinsichtlich der Gleichgewichts- und Orientierungsleistung liegt zwar ein signifikanter Haupteffekt Zeit vor [Gleichgewicht: $F(1, 89)=10,35$; $p=0,002$; $\eta^2=0,104$; Orientierung: $F(1, 89)=14,51$; $p<0,001$; $\eta^2=0,140$], ein Interaktionseffekt Gruppe \times Zeit ist aber nicht aufgetreten [Gleichgewicht: $F(1, 89)=1,84$; $p=0,177$; $\eta^2=0,020$; $1-\beta=0,909$; Orientierung: $F(1, 89)=0,22$; $p=0,639$; $\eta^2=0,002$; $1-\beta=0,748$]. Außer-

dem liegt in beiden Leistungsbereichen kein Haupteffekt des Faktors Gruppe vor [Gleichgewicht: $F(1, 89)=1,94$; $p=0,167$; $\eta^2=0,021$; Orientierung: $F(1, 89)=0,69$; $p=0,410$; $\eta^2=0,008$].

Schulbezogene Leistungsveränderungen

Die Ergebnisse der ANOVA mit Messwiederholung (Abb. 2) zeigen im Bereich der Schreibleistung neben einem signifikanten Haupteffekt Zeit [$F(1, 90)=70,36$; $p<0,001$; $\eta^2=0,439$] auch einen signifikanten Interaktionseffekt zugunsten der Interventionsgruppe [$F(1, 90)=6,97$; $p=0,010$; $\eta^2=0,072$; $1-\beta>0,999$]. Dieser Interaktionseffekt wird auch durch die Einzelvergleiche gestützt: Nur die Interventionsgruppe ($p_{\text{adj}}=0,002$; $\eta^2=0,101$), nicht aber die Kontrollgruppe ($p_{\text{adj}}=0,076$; $\eta^2=0,035$) verbessert sich von Prä- zu Posttest signifikant. Während sich die Interventions- und Kontrollgruppe beim Prätest nicht signifikant voneinander unterscheiden ($p_{\text{adj}}=0,164$; $\eta^2=0,021$), liegt zum Posttest ein statistisch bedeutsamer Unterschied zwischen beiden Gruppen vor ($p_{\text{adj}}=0,049$; $\eta^2=0,042$). Ein signifikanter Haupteffekt hinsichtlich des Faktors Gruppe bleibt aus [$F(1, 90)=2,50$; $p=0,117$; $\eta^2=0,027$].

Im Bereich Mathematik zeigen die varianzanalytischen Auswertungen zwar einen signifikanten Haupteffekt Zeit [$F(1, 92)=54,94$; $p<0,001$; $\eta^2=0,374$], aber keinen signifikanten Interaktionseffekt Zeit \times Gruppe [$F(1, 92)=0,01$; $p=0,977$; $\eta^2<0,001$; $1-\beta=0,977$]. Ein Haupteffekt des Faktors Gruppe kann ebenfalls nicht festgestellt werden [$F(1, 92)=1,13$; $p<0,289$; $\eta^2=0,012$].

Bei der Leseleistung ist ein hoch signifikanter Interaktionseffekt Gruppe \times Zeit aufgetreten [$F(1, 87)=24,93$; $p<0,001$; $\eta^2=0,223$; $1-\beta>0,999$]. Hier zeigen die Einzelvergleiche, dass sich die Interventionsgruppe signifikant verschlechtert ($p_{\text{adj}}=0,018$; $\eta^2=0,063$), während sich die Kontrollgruppe signifikant verbessert ($p_{\text{adj}}<0,001$; $\eta^2=0,195$). Allerdings besteht weder beim Prätest ($p_{\text{adj}}=0,347$; $\eta^2=0,010$) noch beim Posttest ($p_{\text{adj}}=0,053$; $\eta^2=0,043$) ein statistisch nachweisbarer Unterschied zwischen den Gruppen. Haupteffekte hinsichtlich des Faktors Zeit [$F(1, 87)=2,81$; $p=0,097$; $\eta^2=0,031$] und des Faktors Gruppe [$F(1, 87)=0,31$; $p=0,574$; $\eta^2=0,004$] sind nicht nachweisbar.

Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde überprüft, ob ein im Sportunterricht durchgeführtes, koordinativ ausgerichtetes Interventionsprogramm Auswirkungen auf die koordinative und schulische Leistungsfähigkeit von Schülerinnen und Schülern im Alter von 11 bis 13 Jahren hat.

Im koordinativen Leistungsbereich war eine verbesserte Leistungsentwicklung im Bereich der Differenzierungsleistung und im Bereich der visuell-räumlichen Wahrnehmungsleistung (Auge-Hand-Koordination) zugunsten der Interventionsgruppe festzustellen. Bei den Aufgaben zur Erfassung der Gleichgewichts- und Orientierungsleistung konnten keine statistisch bedeutsamen Unterschiede der Leistungsentwicklung zwischen Interventions- und Kontrollgruppe nachgewiesen werden. Im schulischen Leistungsbereich zeigte sich eine signifikant stärkere Leistungsentwicklung hin-

sichtlich der Schreibleistung zugunsten der Interventionsgruppe. Bei der Mathematikleistung konnte kein Gruppenunterschied verzeichnet werden; beide Gruppen zeigten eine parallel verlaufende Leistungsentwicklung. Im Bereich der Leseleistung war bei der Kontrollgruppe ein statistisch bedeutsamer Leistungszuwachs, bei der Interventionsgruppe hingegen eine signifikante Leistungsabnahme festzustellen.

Die wesentliche Stärke der vorliegenden Untersuchung liegt darin, dass eine Intervention im Schulkontext über den Zeitraum von 20 Wochen organisiert und durchgeführt werden konnte. Die meisten Interventionsstudien sind deutlich kürzer angelegt, wodurch nachhaltige oder verzögerte Effekte nur schwer zu detektieren sind. In der vorliegenden Studie konnten trotz einer geringen Trainingsdosis mittlere Effekte in Bereichen der koordinativen und schulischen Leistungsfähigkeit erfasst werden. In diesem Zusammenhang sollte auch erwähnt werden, dass es sich bei der Kontrollgruppe nicht um eine „No-Treatment“-Gruppe handelte, sondern um eine Gruppe, die entsprechend der Ländervorgaben regulären Sportunterricht erhielt, der nicht frei von koordinativen Anforderungen war.

Aufgrund der Durchführung der Studie im schulischen Alltag müssen aber auch Limitationen der vorliegenden Untersuchung diskutiert werden.

Das Ausbleiben von Gruppenunterschieden bezüglich der Gleichgewichts- und Orientierungsleistung könnte auf potenzielle Einschränkungen bezüglich der Gütekriterien der verwendeten Testaufgaben zurückgeführt werden. Bei der Gleichgewichtsaufgabe ist es möglicherweise zu einer Beeinträchtigung der Ergebnisse gekommen, weil die zur Aufgabelösung notwendige „Bewegungsruhe“ ein erhöhtes Maß an Konzentration vorausgesetzt hat, das durch Faktoren wie laute und umherlaufende Mitschüler und Mitschülerinnen gestört wurde. Zur Vermeidung solcher Störfaktoren wäre es künftig sinnvoll, diese Aufgabe in einem abgetrennten Bereich der Sporthalle oder in einem ruhigeren Nebenraum durchzuführen. Darüber hinaus könnte ein vergrößerter Stichprobenumfang die Wahrscheinlichkeit für mögliche Zufallsbefun-

de reduzieren. Die auf Berechnung der Post-hoc-Teststärke basierende Stichprobenschätzung hat gezeigt, dass für das Erreichen eines signifikanten Interaktionseffektes eine Stichprobe von $n=140$ Probanden nötig gewesen wäre. Es ist daher zu vermuten, dass der gewählte manifeste Testwert die latente Variable bei entsprechenden Anpassungen ausreichend gut erfassen kann und dann möglicherweise auch eine stärkere Leistungsentwicklung zugunsten der Interventionsgruppe festzustellen wäre.

Bezüglich der Orientierungsaufgabe könnte eine Ursache darin liegen, dass die benötigte Zeit zur Lösung der Aufgabe insgesamt einen zu kleinen Messbereich abdeckt, um mögliche Unterschiede zwischen Interventions- und Kontrollgruppe zu erfassen. Außerdem enthält diese Aufgabe zusätzliche Schnelligkeitsanforderungen, die nicht explizit im Interventionsprogramm verankert waren. Aus diesem Grund kann hier nicht davon ausgegangen werden, dass die untersuchte latente Variable ausreichend gut durch den erhobenen Testwert quantifiziert wurde. Im vorliegenden Fall könnte eine verlängerte Aufgabendauer (durch eine erhöhte Anzahl an Medizinbällen) in Verbindung mit einer Minimierung der Schnelligkeitsanforderungen (anhand der Verkürzung von Laufwegen durch verringerte Abstände zwischen den Medizinbällen) zur besseren Erfassung der Orientierungsleistung führen.

Neben der Auswahl der Messverfahren könnte auch die Interventionsgestaltung ein Grund dafür sein, dass im Bereich der Gleichgewichts- und Orientierungsleistung keine statistisch bedeutsamen Leistungsverbesserungen nachgewiesen werden konnten. In den Übungen wurden zwar klare inhaltliche Schwerpunkte gesetzt, um differenzierte Anforderungen an die verschiedenen Leistungsbereiche zu stellen, doch beanspruchen koordinativ komplexe Aufgaben nie einen Leistungsparameter isoliert (Olivier, 1997). So wurden trotz der systematischen Zusammenstellung der Interventionsinhalte möglicherweise verstärkt Fertigkeiten angesprochen, die essenziell für die erfolgreiche Bewältigung von Aufgaben in den Bereichen Auge-Hand-Koordination und Differenzierung sind. In diesem Zu-

sammenhang wäre es durchaus denkbar, dass die Interventionen zur Förderung der Gleichgewichts- und Orientierungsleistung nicht anspruchsvoll genug waren, um nennenswerte Leistungsveränderungen innerhalb dieser Fertigungsdimensionen zu erzielen.

Trotz des Mangels an empirischen Erkenntnissen bezüglich des Umfangs und der Intensität von Bewegungsinterventionen (Everke, 2009) kann davon ausgegangen werden, dass eine Erhöhung der Trainingshäufigkeit in Verbindung mit einer Steigerung von Koordinationsbeanspruchungen zur weiteren Verbesserung der koordinativen Leistungsvoraussetzungen führt (Neumaier, 2006). Insgesamt sprechen die Ergebnisse dafür, dass sich bereits eine geringe *Interventionsdosis* von zwei 15-minütigen Einheiten pro Woche bei regelmäßiger Durchführung positiv auf Bereiche der koordinativen Leistungsfähigkeit von Schülerinnen und Schülern im Alter von 11 bis 13 Jahren auswirken kann. Allerdings können auch Motivations- und Lerneffekte bei den unterschiedlichen Interventionsübungen sowie bei der Lösung der Testaufgaben aufgetreten sein, die eine Beeinflussung der Ergebnisse herbeigeführt haben könnten. So werden insbesondere die Interventionsaufgaben zur Gleichgewichtsregulation und Differenzierung mit spezifischen Fertigkeiten (u. a. mit Einbeinständen und Zielwürfen) gelöst, die anschließend dann auch in den strukturell ähnlichen Testaufgaben eingesetzt werden konnten. Dies könnte im Umkehrschluss bedeuten, dass die eingesetzten Testaufgaben eher veränderte Leistungen bei spezifischen Fertigkeiten erfasst haben, nicht aber generalisierbare Fähigkeiten.

Die Ergebnisse bezüglich der Schreib- und Mathematikleistung stehen generell im Einklang mit denen anderer Untersuchungen, die den Einfluss eines veränderten Sporttreibens auf die schulische Leistung analysiert haben (Sallis et al., 1999; Reynolds & Nicolson, 2007). Es existieren zwar auch Interventionsstudien, die positive Assoziationen zwischen körperlicher Aktivität und der Mathematikleistung herstellen konnten, allerdings lag der Fokus dieser Untersuchungen auf der Wirkung einer generell erhöhten körperlichen Aktivität (Ericsson, 2008) oder

der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit auf die Schulleistung (Shephard, Lavallee, Volle, LaBarre, und Beaucage, 1994). Das Ausbleiben von Gruppenunterschieden bei der Mathematikleistung in der vorliegenden Studie kann mehrere Gründe haben: Zum einen könnten die Interventionsinhalte zu selektiv gewirkt haben, um Transfereffekte auf ebendiesen Bereich der schulischen Leistung erzielen zu können. Zum anderen waren die Trainingshäufigkeit und -intensität möglicherweise zu gering, wobei dann kritisch zu hinterfragen wäre, warum und inwiefern sich die durchgeführte Intervention ausgerechnet positiv auf die Schreibleistung auswirkt. An dieser Stelle ist der Wirkungsgrad der Intervention nicht klar vom Einfluss unterschiedlicher Lerneffekte aufgrund der Behandlung verschiedener Unterrichtsinhalte oder situationspezifischer Faktoren zum Zeitpunkt der Messungen wie dem Klassenklima, der Konzentrationsbereitschaft und der psychophysischen *Tagesform* abzugrenzen. Um vor allem die situationsspezifischen Einflussfaktoren im Setting Schule besser kontrollieren zu können, wäre es denkbar, die Anzahl der Messzeitpunkte zur Überprüfung der schulischen Leistung zu erhöhen, um einen besseren Eindruck vom Prozess der Leistungsveränderung zu erhalten. Zur Vermeidung von Lerneffekten setzt dies natürlich voraus, dass für jeden Leistungsbereich zu jedem Messzeitpunkt eine andere Testvariante zum Einsatz kommen müsste.

Die Ergebnisse hinsichtlich der Leseleistung entsprechen nicht den Erkenntnissen vorangegangener Untersuchungen, bei denen entweder keine (Tremblay, Inman, und Willms, 2000) oder positive Effekte einer Bewegungsintervention auf die Leseleistung nachgewiesen werden konnten (Uhrich & Swalm, 2007; Castelli et al., 2007; Ericsson, 2008). Eine Begründung für den erwartungswidrigen Interaktionseffekt wird darin vermutet, dass basierend auf der reduzierten Stichprobe das Auftreten von Zufallsbefunden begünstigt wurde und externe Störungen Einfluss auf die Ergebnisse genommen haben könnten. Der Lesetest ist ein standardisiertes und höchst ökonomisches Verfahren. Da seine Bearbeitungszeit aber nur drei Minuten umfasst, könnten insbesondere bei

der Durchführung in der Schule mit einer kleinen Stichprobe situative Einflussfaktoren wie mangelnde Motivation, auftretende Hektik durch Zeitdruck oder eine verringerte Konzentrationsfähigkeit aufgrund von Störungen durch Mitschülerinnen und Mitschüler, zu starken Beeinflussungen der Ergebnisse geführt haben. Darüber hinaus war bei der Durchführung als Gruppentest nicht vollständig sicherzustellen, dass die Schülerinnen und Schüler nach Ablauf der Testzeit keine weiteren Sätze mehr bearbeitet haben. Mit Blick auf die Rohdaten wird die Bedeutung dieses Aspektes deutlich: Obwohl die Interventionsgruppe beim Posttest durchschnittlich nur einen Satz weniger richtig beantwortet hat als beim Prätest (der Mittelwert liegt bei etwa 37 richtig beantworteten Sätzen), schlägt sich dieses Resultat in einer statistisch signifikanten Leistungsabnahme nieder. Gleichzeitig verbesserte sich die Kontrollgruppe statistisch bedeutsam, weil sie beim Posttest im Schnitt drei Sätze mehr beantwortet konnte als beim Prätest (der Mittelwert liegt bei etwa 36 richtig beantworteten Sätzen). Bei diesem Datenmuster und aufgrund der Tatsache, dass sich Interventions- und Kontrollgruppe weder beim Prä- noch beim Posttest signifikant voneinander unterscheiden, muss die praktische Relevanz der Lesetest-Ergebnisse in dieser Studie kritisch hinterfragt werden. Möglicherweise könnte bereits eine Erhöhung der Testleiterzahl – im Sinne einer besseren Kontrolle situativer Einflussfaktoren – bei vergleichbarer Stichprobe zu valideren Ergebnissen führen.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass die vorsichtige Schlussfolgerung einer positiven Wirkung des hier durchgeführten Koordinationstrainings auf die schulische Leistung im Bereich Schreiben – auch basierend auf der zufriedenstellenden Reliabilität und Validität des Schreibtests – gerechtfertigt erscheint.

Um weiterführende Erkenntnisse zum Zusammenhang zwischen dem Einfluss einer koordinativen Intervention auf schulische Leistungsparameter gewinnen zu können, lassen sich folgende Hinweise ableiten: Dem Ausbleiben von Gruppenunterschieden beim Gleichgewichtstests und dem Auftreten von unerwarteten Befunden beim Lesetest könnte mit einer

Vergößerung des Stichprobenumfangs begegnet werden; aber auch dann stellt der Einsatz dieser Testaufgaben aufgrund vieler Einflussfaktoren und stark variierender Bedingungen im Setting Schule eine Herausforderung dar.

Um die hier angestrebten Leistungsveränderungen auch im regulären Schulalltag prozessorientiert und nachhaltig erfassen zu können, sollten vor allem die koordinativen Testverfahren so aufbereitet werden, dass sie von den Lehrkräften selbstständig und ökonomisch im Klassenverbund durchgeführt werden können. Dabei ist neben der höchst möglichen Praktikabilität auch eine hohe Sensitivität der Testaufgaben sicherzustellen, um spezifische Aussagen zu Leistungsveränderungen treffen zu können.

Ein weiterer Ansatzpunkt liegt in einer stärkeren Differenzierung und Individualisierung des Koordinationstrainings, um einer Über- oder Unterforderung der Schülerinnen und Schüler vorzubeugen und somit einen optimalen Wirkungsgrad des Koordinationstrainings sicherzustellen. Um Transfereffekte einer koordinativ ausgerichteten Intervention auf die schulische Leistung zu erzielen, könnten die koordinativen Aufgaben unmittelbar an erhöhte kognitive Anforderungen gekoppelt werden. Eine Aufgabe würde dann beispielsweise darin bestehen, beim Jonglieren gleichzeitig eine Mathematikaufgabe zu lösen. Möglicherweise könnten derartig kombinierte Aufgaben bei einer im Vergleich zur vorliegenden Studie deutlich erhöhten Trainingsintensität Prozesse der Informationsverarbeitung in Gang setzen, die für die schulische Leistung von Bedeutung sind. Eine Überprüfung dieser Annahme muss in künftigen Studien erfolgen.



Tim Dirksen

Korrespondenzadresse

T. Dirksen
Arbeitsbereich Bewegungswissenschaft,
WWU Münster
Horstmarer Landweg 62b, 48149 Münster
tim.dirksen@wwu.de

Danksagung. Die Autoren bedanken sich bei Dr. Christiane Bohn für die inhaltliche Unterstützung. Darüber hinaus bedanken wir uns bei Dr. Kim Joris Boström und Thomas Wulf für die Mithilfe bei der graphischen Darstellung.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. Tim Dirksen, Karen Zentgraf, und Heiko Wagner geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

- Auer, M., Gruber, G., Mayringer, H., & Wimmer, H. (2005). *Salzburger Lese-Screening für die Klassenstufen 5–8 (SLSS-8)*. Göttingen: Hogrefe.
- Bernstein, N. A. (1988). *Bewegungsphysiologie* (2. Aufl.). Leipzig: Barth.
- Bittmann, F., Gutschow, S., Luther, S., Wessel, N., & Kurths, J. (2005). Über den funktionellen Zusammenhang zwischen posturaler Balanceregulierung und schulischen Leistungen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 56(10), 348–352.
- Blair, C. (2002). School readiness: Integrating cognition and emotion in a neurobiological conceptualization of children's functioning at school entry. *American Psychologist*, 57, 111–127.
- Castelli, D. M., Hillman, C. H., Buck, S. M., & Erwin, H. E. (2007). Physical fitness and academic achievement in third- and fifth-grade students. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 29, 239–252.
- Chang, Y. K., Tsai, Y. J., Chen, T. T., & Hung, T. M. (2013). The impacts of coordinative exercise on executive function in kindergarten children: An ERP study. *Experimental Brain Research*, 225(2), 187–196.
- Coe, D. P., Pivarnik, J. M., Womack, C. J., Reeves, M. J., & Malina, R. M. (2006). Effect of physical education and activity levels on academic achievement in children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(8), 1515–1519.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2. Aufl.). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Dhingra, R., Manhas, S., & Kohli, N. (2010). Relationship of perceptual abilities with academic performance of children. *The Social Science Journal*, 23(2), 143–147.
- Diamond, A. (2000). Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal Cortex. *Child Development*, 71(1), 44–56.
- Donnelly, J. E., Greene, J. L., Gibson, C. A., Smith, B. K., Washburn, R. A., Sullivan, D. K., & Williams, S. L. (2009). Physical activity across the curriculum (PAAC): A randomized controlled trial to promote physical activity and diminish overweight and obesity in elementary school children. *Preventive Medicine: An International Journal Devoted to Practice and Theory*, 49, 336–341.
- Ericsson, I. (2008). Motor skills, attention and academic achievements: An intervention study in school years 1–3. *British Educational Research Journal*, 34, 301–313.
- Everke, J. (2009). *Die CoMiK-Studie, cognition and motor activity in Kindergarten: Entwicklung und Evaluation eines Bewegungsförderungsprogramms zur Verbesserung motorischer und kognitiver Fähigkeiten bei Kindergartenkindern* (Doctoral dissertation, Konstanz, Univ., Diss., 2009).
- Gunter, K., Baxter-Jones, A. D. G., Mirwald, R. L., Almsstedt, H., Fuchs, R. K., Durski, S., & Snow, C. (2008). Impact exercise increases BMC during growth: An 8-year longitudinal study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 23, 986–993.
- Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 58–65.
- Hirtz, P., Hotz, A., & Ludwig, G. (2004). *Gleichgewicht*. Schorndorf: Hofmann.
- Hughes, C., & Graham, A. (2002). Measuring executive functions in childhood: Problems and solutions? *Child and Adolescent Mental Health*, 7(3), 131–142.
- Kaiser, M. L., Albaret, J. M., & Doudin, P. A. (2009). Relationship between visual-motor integration, eye-hand coordination, and quality of handwriting. *Journal of Occupational Therapy, Schools, & Early Intervention*, 2(2), 87–95.
- Kriemler, S., Zahner, L., Schindler, C., Meyer, U., Hartmann, T., Hebestreit, H., & Puder, J. J. (2010). Effect of school based physical activity programmes (KISS) on fitness and adiposity in primary school-children: Cluster randomised controlled trial. *British Medical Journal*, 340, c785.
- May, P. (2002). *Hamburger Schreib-Probe HSP* (6. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Mayringer, H., & Wimmer, H. (2002). The reading rate deficit of German dyslexic children and surface dyslexia. In E. Hjelmquist & C. von Euler (Hrsg.), *Dyslexia and literacy* (117–125). London: Whurr Publishers Ltd.
- Meinel, K. (2007). Die Bedeutung der Motorik für die Entwicklung der Persönlichkeit. In K. Meinel & G. Schnabel (Hrsg.), *Bewegungslehre-Sportmotorik* (11. überarb. u. erw. Aufl., S. 16–27). Aachen: Meyer & Meyer.
- Morales, J., González, L. M., Guerra, M., Virgili, C., & Unnithan, V. (2011). Physical activity, perceptual-motor performance, and academic learning in 9-to-16-years-old school children. *International Journal of Sport Psychology*, 42(4), 401.
- Moreau, D. (2013). Motor expertise modulates movement processing in working memory. *Acta psychologica*, 142(3), 356–361.
- Naylor, P. J., & McKay, H. A. (2009). Prevention in the first place: Schools a setting for action on physical inactivity. *British Journal of Sports Medicine*, 43, 10–13.
- Neumaier, A. (2006). *Koordinatives Anforderungsprofil und Koordinationstraining: Grundlagen, Analyse, Methodik*. Köln: Sportverlag Strauß, Nachdruck der 3., überarb. Aufl. 2009.
- Neumaier, A., & Mechling, H. (1994). Taugt das Konzept "koordinative Fähigkeiten" als Grundlage für sportartspezifisches Koordinationstraining? In P. Blaser, K. Witte, & C. Stucke (Hrsg.), *Steuer- und Regelvorgänge der menschlichen Motorik* (S. 207–212). St. Augustin.
- Nourbakhsh, P. (2006). Perceptual-motor abilities and their relationships with academic performance of fifth grade pupils in comparison with Oseretsky Scale. *Kinesiology*, 38, 40–48.
- Olivier, N. (1997). Soll das motorische Gleichgewicht fähigkeits- oder fertigkeitsspezifisch trainiert werden? In P. Hirtz & F. Nüske (Hrsg.), *Bewegungs-koordination und sportliche Leistung integrativ betrachtet*. Dvs-Bd. 87 (S. 187–191). Hamburg: Czwalina.
- Petermann, F. (Hrsg.). (2009). *Movement assessment battery for children – Second Edition (Movement ABC-2)*. [Deutschsprachige Adaptation nach S. E. Henderson, D. A. Sudgen und A. L. Barnett. Deutsche Bearbeitung hg. unter Mitarbeit von K. Bös und J. Kastner. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage]. Frankfurt a. M.: Pearson Assessment.
- Piek, J. P., Pitcher, T. M., & Hay, D. A. (1999). Motor coordination and kinaesthesia in boys with attention deficit-hyperactivity disorder. *Developmental medicine & child neurology*, 41(3), 159–165.
- Piek, J. P., Dyck, M. J., Nieman, A., Anderson, M., Hay, D., Smith, L. M., & Hallmayer, J. (2004). The relationship between motor coordination, executive functioning and attention in school aged children. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 19(8), 1063–1076.
- Planinsec, J. (2001). An analysis of relation between motor efficacy and cognitive abilities of pre-school girls. *Kinanthropologica*, 37(2), 41–48.
- Planinsec, J. (2002). Relations between the motor and cognitive dimensions of preschool girls and boys. *Perceptual and Motor Skills*, 94(2), 415–423.
- Ratey, J. (2003). *Das menschliche Gehirn: Eine Gebrauchsanweisung*. München: Piper Verlag.
- Reynolds, D., & Nicolson, R. I. (2007). Follow-up of an exercise-based treatment for children with reading difficulties. *Dyslexia*, 13, 78–96.
- Rigoli, D., Piek, J. P., Kane, R., & Oosterlaan, J. (2012). An examination of the relationship between motor coordination and executive functions in adolescents. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 54(11), 1025–1031.
- Roebbers, C. M., & Kauer, M. (2009). Motor and cognitive control in a normative sample of 7-year-olds. *Developmental Science*, 12(1), 175–181.
- Rusch, H., & Irrgang, W. (1994). Der Münchener Fitnessstest (MFT). *Sportunterricht – Lehrhilfen*, 43(1), 1–7.
- Sallis, J. F., McKenzie, T. L., Kolody, B., Lewis, M., Marshall, S., & Rosengard, P. (1999). Effects of health-related physical education on academic achievement: Project SPARK. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70, 127–134.
- Sallis, J. F., McKenzie, T. L., Conway, T. L., Elder, J. P., Prochaska, J. J., Brown, M., & Alcaraz, J. E. (2003). Environmental interventions for eating and physical activity: A randomized controlled trial in middle schools. *American Journal of Preventive Medicine*, 24, 209.
- Shephard, R. J., Lavallee, H., Volle, M., LaBarre, R., & Beaucage, C. (1994). Academic skills and required physical education: The Trois Rivières experience. *CAHPER Research Supplement*, 1(1), 1–12.
- Sibley, A. B., & Etnier, J. L. (2003). The relationship between physical activity and cognition in children: A meta-analysis. *Pediatric Exercise Science*, 15, 243–25.
- Tompsonowski, P. D., Davis, C. L., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2008). Exercise and children's intelligence, cognition, and academic achievement. *Educational Psychology Review*, 20, 111–131.
- Tremblay, M. S., Imman, J. W., & Willms, J. D. (2000). The relationship between physical activity, self-esteem, and academic achievement. *Pediatric Exercise Science*, 12, 312–323.

- Uhrich, T. A., & Swalm, R. L. (2007). A pilot studie of a possible effect from motor task on reading performance. *Perceptual and Motor Skills*, 104(3), 1035–1041.
- Van Mechelen, W. (1991). *EUROFIT. Handleiding met Referentieschalen voor 12- tot en met 16 jarige jongens en meisjes in Nederland*. Leuven.
- Voelcker-Rehage, C., & Alberts, J. L. (2005). Age-related changes in grasping force modulation. *Experimental Brain Research*, 166(1), 61–70.