

Voelcker-Rehage C

Der Zusammenhang zwischen motorischer und kognitiver Entwicklung im frühen Kindesalter – Ein Teilergebnis der MODALIS-Studie

The relationship between motor and cognitive development in early childhood

Jacobs Center for Lifelong Learning and Institutional Development, International University Bremen

Zusammenfassung

Die Bedeutung motorischer Aktivität für die frühkindliche Entwicklung ist allgemein anerkannt und wird häufig gefordert. Empirische Belege stehen jedoch weitestgehend aus. Ziel dieser Studie war es deshalb, den Zusammenhang zwischen motorischer Leistungsfähigkeit und der optischen Differenzierungsleistung, eine kognitive Grundfunktion, im Kindergartenalter zu analysieren. 85 Kindergartenkinder zwischen vier und sechs Jahren nahmen an der Studie teil. Sie absolvierten sieben motorische Tests zur Kraft, Schnelligkeit, Beweglichkeit und Koordination sowie einen Test zur Prüfung der optischen Differenzierungsleistung (POD). Es bestand ein signifikanter positiver Zusammenhang zwischen zentralnervös determinierten motorischen Fähigkeiten und der optischen Differenzierungsleistung im frühen Kindesalter ($r = 0,30$ bis $0,41$; $p < 0,05$). Motorisch besser ausgebildete Kinder zeigten eine bessere Testleistung im POD. Der Zusammenhang blieb auch bestehen, wenn für Alter und Geschlecht kontrolliert wurde. Die Betrachtung getrennt nach Altersklassen zeigte eine Abnahme der Höhe des Zusammenhangs mit fortschreitendem Alter. Für energetisch bestimmte Fähigkeiten, wie die Kraft, konnten keine Zusammenhänge nachgewiesen werden. Gleiches galt für die Beweglichkeit.

Motorische und kognitive Aktivitäten scheinen ähnliche zentralnervöse Prozesse zu beanspruchen. Die genauen Ursachen hierfür sind jedoch noch nicht klar. Die Ergebnisse verdeutlichen die Bedeutung motorischer Aktivität für die frühkindliche Entwicklung.

Schlüsselwörter: Motorische Entwicklung, koordinative Fähigkeiten, kognitive Entwicklung, Kindergarten

Einleitung und Problemstellung

Die Lebenswelt unserer Kinder und damit auch ihr motorisches Aktivitätsniveau hat sich verändert. Die häufig beklagte „unbewegte“ Kindheit (27) hat allerdings nicht nur Folgen für die motorische Leistungsfähigkeit und die Ausbildung und Stärkung des Haltungs- und Bewegungsapparates, sondern kann sich ebenso auf die kognitive Entwicklung im Kindesalter auswirken. Zahlreiche Veröffentlichungen thematisieren die Bedeutung körperlicher Aktivität für die psychische und kognitive Entwicklung im Kindesalter (11, 21, 27). Auch in der politischen Diskussion nehmen die frühkindliche Förderung und der geschilderte Zusammenhang zwischen motorischer und kognitiver Entwicklung eine besondere Stellung ein. So för-

Summary

The importance of physical activity for development in early childhood is well known. However, empirical studies are rare. Thus, the aim of this study was to test empirically the relationship between motor performance and the accuracy of optical differentiation, a basic function of cognition, in kindergarten children.

85 kindergarten children between four and six years were investigated in this study. Participants were asked to perform seven motor tests regarding strength, speed, flexibility and motor coordination as well as a cognitive test regarding accuracy of optical differentiation (POD).

The correlations between motor abilities that are determined by the central nervous system and the accuracy of optical differentiation were significant ($r = 0,30$ to $0,41$; $p < 0,05$). Children with better results in the motor tests also showed better results in the cognitive test. Results were controlled for age and sex. Analyses separated by age groups indicated a diminished correlation with advancing age. The correlations between motor abilities determined by energetic aspects, e.g. strength, and the POD were not significant. The same was shown for flexibility.

Physical and cognitive activity may activate identical processes of the central nervous system. However, the exact reasons are still not clear. Results underline the importance of physical activity for child development.

Key words: motor development, coordination, cognitive development, kindergarten

dert die Deutsche Olympische Gesellschaft seit einiger Zeit ein Projekt mit dem Titel „Kinder bewegen“, in dem die ganzheitliche frühkindliche Entwicklung unter besonderer Berücksichtigung der Bewegung gefördert werden soll (4). Empirische Studien, die den Zusammenhang zwischen motorischer und kognitiver Entwicklung bzw. Leistungsfähigkeit untersuchen, liegen in großer Anzahl für das Erwachsenenalter (für einen Überblick s. 2, 5, 7), aber in deutlich geringerem Umfang für das Kindes- und Jugendalter vor (6, 8, 9, 18). Besonders für das Kindergartenalter sind kaum empirische Studien zu dieser Thematik vorhanden (17). Auch die kürzlich für das Kindes- und Jugendalter erschienene Metaanalyse von Sibley und Etnier (22) geht nicht explizit auf das Kindergartenalter ein. Die z.T. sehr uneinheitlichen Ergebnisse der Überblicksarbei-

ten (2, 5, 7, 22) deuten insgesamt auf eine Verbindung zwischen Kognition und Motorik hin, sie geben jedoch keinen Hinweis darauf, inwiefern sie auch Gültigkeit für das frühe Kindesalter besitzen.

In der folgenden Studie wurde der Zusammenhang zwischen der motorischen Entwicklung im frühen Kindesalter (vier bis sechs Jahre) und der kognitiven Entwicklung, erhoben über die optische Differenzierungsleistung, untersucht. Sauter (19, 20) geht davon aus, dass es sich bei der optischen Differenzierungsleistung um eine basale kognitive Leistung handelt, die eine Grundlage für viele weiterführende Prozesse darstellt - und im Verlauf der Entwicklung immer mehr mit höheren kognitiven Prozessen verwoben ist (26). Studien zeigten signifikante Zusammenhänge zwischen der optischen Differenzierungsleistung und verschiedenen Bereichen der Informationsverarbeitung, wie der Aufmerksamkeit, dem Gedächtnis, der nonverbalen Intelligenz, der akustischen Differenzierungsfähigkeit und der visuellen Wahrnehmung im Kindesalter (19, 20). Die optische Differenzierungsleistung erfordert die visuelle Wahrnehmung optischer Reize und in der Folge die Verarbeitung der einlaufenden Informationen im Gehirn (19, 20). Auch für die Ausführung motorischer Aufgaben ist häufig eine visuelle Wahrnehmungsleistung erforderlich. Zu denken ist z.B. an die Reaktion auf optische Reize, die Koordination der Lage des Körpers im Raum oder die Ausführung präziser, feinmotorischer Bewegungen. So lässt sich annehmen, dass motorisch besser ausgebildete Kinder auch bessere Leistungen in der optischen Differenzierung zeigen und umgekehrt. Auch war von Interesse, ob in Abhängigkeit vom Alter die Höhe der Zusammenhänge unterschiedlich ist. Um zu überprüfen, ob die gemessene motorische Leistung durch Sozialisationsinstanzen beeinflusst wird, wurde diese mit der berichteten sportlichen Aktivität und der Bewegungsumwelt der Kinder verbunden.

Material und Methoden

Probanden

An der Studie nahmen 85 Kinder zwischen vier und sechs Jahren teil (M = 61,5 Monate (5,1 Jahre); SD = 8,39; 48 % Mädchen; zur Stichprobengröße der einzelnen Altersklassen vgl. Tab. 1). Vor Studienbeginn unterschrieben die Eltern eine schriftliche Einverständniserklärung, in der sie eine Studienteilnahme genehmigten. Bei keinem Kind lagen gesundheitliche Einschränkungen vor, die gegen eine Studienteilnahme sprachen. Zur Charakterisierung der Stichprobe wurden Körpergröße und -gewicht der Kinder gemessen und der BMI der Kinder berechnet (vgl. Tab. 1). Außerdem wurden die Eltern der Kinder aufgefordert, einen Fragebogen zur sozialen, familialen und materialen Umwelt sowie zur Bewegungsumwelt der Kinder (Anzahl der betriebenen Sportarten, Wochensportstunden, Sporttreiben der Eltern, Länge des Kindergartenbesuches (Monate)) auszufüllen.

Tabelle 1: Anthropometrische Daten der Kinder in den einzelnen Altersgruppen. M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, BMI = Body Mass Index

Alter (M, SD)	N		Größe	Gewicht	BMI
4 Jahre	39	M SD	109,5 4,57	19,5 2,54	17,8 1,74
5 Jahre	31	M SD	114,7 5,29	21,1 3,3	18,3 2,3
6 Jahre	15	M SD	119,0 6,31	22,9 3,82	19,1 2,38

Motorische Tests

Die Auswahl der motorischen Tests richtete sich nach forschungsmethodischen und testökonomischen Kriterien. Die Daten wurden im Rahmen der MODALIS-Studie (Motor Development Across the Life Span-Studie, Leitung: Prof. Dr. Dr. Klaus Willimczik, Universität Bielefeld) erfasst. Deshalb wurden die Tests unter Berücksichtigung der Realisierbarkeit in einer breiten Altersspanne (frühes Kindesalter bis spätes Erwachsenenalter), der Vermeidung von Boden- bzw. Deckeneffekten, der zeitlichen und körperlichen Belastung der Probanden sowie in Anlehnung an repräsentative Studien und Testbatterien des Kindes- und Erwachsenenalters (z.B. 12, 14, 28) ausgewählt. Die Probanden absolvierten sieben motorische Tests in jeweils zwei Dimensionen der Kraft, der Schnelligkeit und der Koordination sowie in einer Dimension der Beweglichkeit. Zu den Testaufgaben, dem Testinhalt und der primären Beanspruchung siehe Tabelle 2, zur Testauswahl und -durchführung siehe Voelcker-Rehage und Wiertz (25). Alle genutzten motorischen Tests haben sich in Voruntersuchungen als valide und reliabel über eine große Altersspanne erwiesen (25).

Test zur Prüfung der optischen Differenzierungsleistung (POD, POD-4)

Beim Test zur Prüfung der optischen Differenzierungsleistung werden die Kinder aufgefordert, eine Reihe vorgegebener Bilder hinsichtlich ihrer Unterschiede mit dem Testitem zu vergleichen. Der POD wurde 1979 von Sauter für fünf- bis siebenjährige Kinder entwickelt (19). Im Jahr 2001 erschien der POD-4 für vierjährige Kinder, wobei hierzu auf eine reduzierte Anzahl der Items des PODs zurückgegriffen wurde (20). Ziel des PODs ist es, die Unterscheidungsfähigkeit von Groß- und Kleindetails, von gleichen Formen in unterschiedlichen Positionen und das Erfassen der Reihenfolgen von Formen zu messen. Zunächst löst das Kind eine Übungsaufgabe, um zu gewährleisten, dass das Kind die Testanweisungen verstanden hat. Anschließend bearbeitet das Kind 24 (POD-4) bzw. 33 (POD) Testitems. Die Anzahl der richtig und falsch identifizierten Items, die Bearbeitungszeit und das Arbeitsverhalten des Kindes werden protokolliert. Die Anzahl der richtigen Lösungen wird ausgezählt und der Gesamtestwert gebildet. Zur Vergleichbarkeit beider Testformen wurden die Ergebnisse auf die Anzahl der Items normiert und als Prozentwerte ausgedrückt.

Untersuchungsplan

Die Untersuchung wurde im Herbst 2004 an zwei Bielefelder Kindergärten durchgeführt. Die Kinder durchliefen mit ihrem Testleiter nacheinander die einzelnen Teststationen (anthropometrische Daten, motorische Tests, POD). Dazu wurden die Kinder in Kleingruppen von sechs bis acht Kindern aus ihrer Kindergartengruppe geholt und von jeweils einem Testleiter betreut. Um die Durchführungsobjektivität zu gewährleisten, wurde der POD immer vom selben Testleiter angeleitet.

Tabelle 2: Aufgaben und Inhalte des Testinstrumentariums

Testinhalt (Fähigkeit)	Bezeichnung der Testaufgaben	Koordinative Anforderungen
Kraft		
Schnellkraft der Beine/Sprungkraft	Vertikaler Strecksprung mit Ausholbewegung (Kraftmessplatte)	
Maximalkraft/Handkraft	Handgripdynamometer	
Schnelligkeit		
Aktionsschnelligkeit Reaktionsschnelligkeit	Tapping im Sitzen Stab auffangen	Koordination unter Zeitdruck Koordination unter Zeitdruck, Auge-Hand-Koordination
Beweglichkeit		
Aktive Schulterbeweglichkeit	Stabgreifen hinter dem Rücken	
Koordination		
Dynamische Gleichgewichtsfähigkeit	Balancieren rückwärts	Koordination unter Präzisionsdruck, Ganzkörperkoordination
Feinkoordination	Stifte umstecken	Koordination unter Zeit- und Präzisionsdruck, Auge-Hand- Koordination

Statistische Verfahren

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit SPSS 11.0. Neben der deskriptiven Statistik zur Erhebung der Mittelwerte und Standardabweichungen wurden die Daten varianz- und korrelationsanalytisch verarbeitet. Die Ergebnisse der motorischen Tests und des PODs wurden jeweils mit Hilfe von zweifaktoriellen Varianzanalysen auf Alters- und Geschlechtseffekte geprüft. Zur Prüfung des Zusammenhangs zwischen den motorischen Tests und der optischen Differenzierungsleistung wurden partielle Korrelationen berechnet. Als Kovariate gingen das Alter und Geschlecht ein. Außerdem wurden die Korrelationen getrennt für die einzelnen Altersgruppen errechnet. Die sieben motorischen Tests gingen einzeln in die Korrelationsanalyse ein. Der Determinationskoeffizient (r^2) gibt Auskunft über die gemeinsame Varianz der Leistung im POD und der jeweiligen motorischen Leistung. Zur Bestimmung der Korrelation der Leistung in den motorischen Tests mit den berichteten sportlichen Aktivitäten und der Bewegungsumwelt der Kinder (Kovariate Alter und Geschlecht) wurden die Leistungen in den sieben mo-

torischen Tests z-transformiert und zu einem Motorikindex zusammengefasst. Als signifikant wurde ein Niveau von $p < 0,05$ angenommen.

Einleitung und Problemstellung

Motorik

Abbildung 1 gibt die Leistung der Kinder in den einzelnen motorischen Tests getrennt nach Altersklassen wieder. Zur Vergleichbarkeit der Daten und Vereinfachung der Darstellung wurden die Daten z-transformiert. Für alle motorischen Fähigkeiten war ein Anstieg über die Altersklassen zu beobachten. Mit Ausnahme der Feinkoordination und Reaktionsschnelligkeit war dieser Anstieg linear. Für diese zuletzt genannten Fähigkeiten verlief der Leistungszuwachs bis zum Alter von fünf Jahre zunächst schneller und danach etwas gemäßigter. Insgesamt zeigte sich für alle Fähigkeiten ein signifikanter Alterseffekt (Tab. 3). Mit Ausnahme der Handkraft (höhere Leistungen der Jungen) lag für keine motorische Fähigkeit ein Geschlechtseffekt vor. Die Interaktion erwies sich für keine Fähigkeit als signifikant (vgl. Tab. 3).

Die Wochensportstunden, die Anzahl der betriebenen Sportarten, das Sporttreiben der Eltern sowie die Länge des Kindergartenbesuches zeigten keine signifikante Korrelation mit der Leistung in den motorischen Tests (Motorikindex) (immer $p > 0,05$).

Optische Differenzierungsleistung

Auch für den POD war ein nahezu linearer Leistungszuwachs mit zunehmendem Alter zu beobachten (vgl. Abb. 2). Der Alterseffekt ($F(2, 59) = 3,39$; $p = 0,04$; $\eta^2 = 0,10$) und der Geschlechtseffekt ($F(1, 59) = 5,32$; $p = 0,03$; $\eta^2 = 0,08$) waren signifikant. Mädchen zeichneten sich durch eine bessere Differenzierungsleistung aus. Die Interaktion zwischen Alter und Geschlecht war nicht signifikant ($F(2, 59) = 1,49$; $p = 0,23$).

Zusammenhang zwischen Motorik und optischer Differenzierungsleistung

Aufgrund der oben dargestellten Alters- und Geschlechtseffekte wurden in den weiteren Berechnungen die Variablen Alter und Geschlecht als Kovariate auspartialisiert. Es zeigte sich für die stärker koordinativ bzw. zentralnervös und informationsverarbeitend geprägten Fähigkeiten wie die Reaktionsschnelligkeit ($r = 0,41$, $p < 0,01$, $r^2 = 0,17$) und Aktionsschnelligkeit ($r = 0,30$, $p = 0,02$, $r^2 = 0,09$) sowie für die Feinkoordination ($r = 0,34$, $p < 0,01$, $r^2 = 0,12$) ein signifikanter positiver Zusammenhang mit der optischen Differenzierungsleistung. Hingegen zeigten die stärker durch Prozesse der Energiebereitstellung determinierten Fähigkeiten wie die Handkraft ($r = -0,04$, $p = 0,76$)

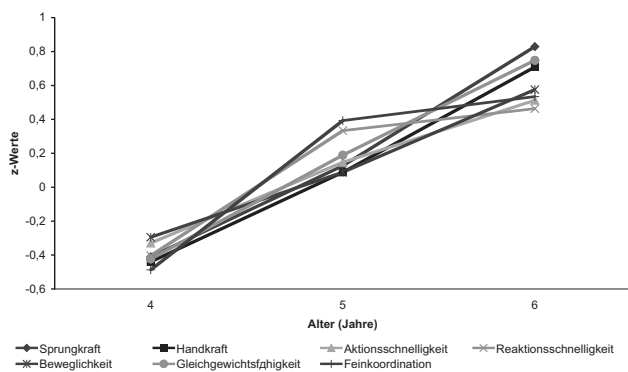


Abbildung 1: Entwicklung der motorischen Fähigkeiten in Abhängigkeit vom Alter

und Sprungkraft ($r = 0,09$, $p = 0,46$) und die durch passive Systeme der Energieübertragung bestimmte Beweglichkeit ($r = 0,03$, $p = 0,83$) keinen Zusammenhang mit der optischen Differenzierungsleistung. Auch die Gleichgewichtsfähigkeit als ein Indikator für die Ganzkörperkoordination zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Leistung im POD ($r = 0,20$, $p = 0,12$).

Die Korrelationsanalysen getrennt für die drei Altersklassen ergaben ein differenzierteres Bild: Die Vierjährigen zeigten – wie die Gesamtgruppe – eine signifikante positive Korrelation der Leistung im POD mit der Feinkoordination ($r = 0,50$, $p = 0,01$, $r^2 = 0,25$), der Reaktionsschnelligkeit ($r = 0,55$, $p < 0,01$, $r^2 = 0,30$) und der Aktionsschnelligkeit ($r = 0,56$, $p < 0,01$, $r^2 = 0,31$). Außerdem korrelierte die Leistung im POD positiv mit der Sprungkraftleistung ($r = 0,42$, $p = 0,03$, $r^2 = 0,18$). Für die Fünfjährigen ergab die Analyse für die Feinkoordination ($r = 0,57$, $p < 0,01$, $r^2 = 0,33$) und die Gleichgewichtsfähigkeit ($r = 0,45$, $p = 0,03$, $r^2 = 0,20$) eine signifikante Korrelation mit der Leistung im POD. Für die Sechsjährigen konnte kein Zusammenhang zwischen der motorischen und kognitiven Leistung nachgewiesen werden.

Diskussion

In der hier vorgestellten Studie wurde der Zusammenhang zwischen motorischer und einem Aspekt der kognitiven Leistung im frühen Kindesalter untersucht.

Erwartungsgemäß (z.B. 16) zeigte sich in allen Dimensionen der Motorik eine nahezu kontinuierliche Leistungssteigerung mit zunehmendem Alter. Auch für die optische Differenzierungsleistung ergab sich eine altersabhängige Leistungssteigerung. Der Geschlechtseffekt deutet auf eine Akzeleration der Mädchen gegenüber den Jungen in diesem Alter hin. Allerdings zeigen die post-hoc-Kontraste diesen Geschlechtseffekt nur für die vierjährigen Kinder ($p < 0,01$).

Der beschriebene Zusammenhang zwischen zentralnervös gesteuerten motorischen Fähigkeiten und der Leistung im POD weist auf eine enge Verzahnung bestimmter Gehirnre-

gionen hin, die sowohl für kognitive als auch motorische Prozesse zuständig sind. Die Determinationskoeffizienten (r) sind mit Werten von 17 % (Reaktionsschnelligkeit), 12 % (Feinkoordination) bzw. 9 % (Aktionsschnelligkeit) als mittel bzw. gering einzuschätzen. Die optische Differenzierungsleistung erfordert die präzise Wahrnehmung von Gegenständen bzw. Bildern im Raum. Diese Fähigkeit spielt ebenso bei der Ausführung feinmotorischer Bewegungen aber auch der Reaktion, z.B. auf einen fallenden Stab, eine Rolle. Das heißt, sowohl bei kognitiven als auch bei motorischen Aufgaben können ähnliche übergeordnete Prozesse erforderlich sein. So ist z.B. wiederholt in tier- und humanwissenschaftlichen Studien die Bedeutung von Gehirnbereichen, denen ursprünglich nur motorischen Funktionen zugeschrieben wurden (z.B. Zerebellum), für die Ausführung sowohl kognitiver als auch sensorischer Aufgaben nachgewiesen worden (1, 3, 23, 24). In diesem Zusammenhang er-

Tabelle 3: Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalysen für die motorischen Fähigkeiten Sprungkraft, Handkraft, Aktionsschnelligkeit (Aktionssch.), Reaktionsschnelligkeit (Reaktionssch.), Beweglichkeit, Gleichgewichtsfähigkeit (Gleichgewicht) und Feinkoordination (Feinkoord.)

	Alter				Geschlecht				Alter x Geschlecht			
	F	df	p	η^2	F	df	p	η^2	F	df	p	η^2
Sprungkraft	10,12	2	<0,01	0,21	0,99	1	0,32		0,15	2	0,86	
Handkraft	10,49	2	<0,01	0,24	7,02	1	0,01	0,09	0,13	2	0,88	
Aktionsssch.	5,87	2	<0,01	0,13	0,17	1	0,68		0,32	2	0,73	
Reaktionsssch.	5,25	2	<0,01	0,12	0,02	1	0,90		0,84	2	0,44	
Beweglichkeit	4,20	2	0,02	0,10	2,92	1	0,09		1,51	2	0,23	
Gleichgewicht	7,73	2	<0,01	0,16	0,55	1	0,46		0,38	2	0,69	
Feinkoord.	11,44	2	<0,01	0,25	0,85	1	0,36		0,29	2	0,75	

scheint es plausibel, dass eher energetisch bestimmte motorische Tests, wie z.B. zur Maximalkraft, keinen Zusammenhang zur optischen Differenzierungsleistung zeigen.

Die sportliche Aktivität und Bewegungsumwelt der Kinder scheinen keinen Einfluss auf ihre motorische Leistungsfähigkeit zu nehmen: Die fehlenden signifikanten Korrelationen der motorischen Leistungsfähigkeit mit den Angaben zum Sporttreiben der Kinder und deren Eltern sowie der Länge des Kindergartenbesuches lassen vermuten, dass (a) Kinder dieses Alters ihren Bewegungsdrang eher informell ausleben, (b) das Sporttreiben der Eltern unabhängig von der Bewegungsförderung der Kinder in diesem Alter erfolgt und (c) die motorische Förderung im Kindergarten nicht so intensiv ist, dass sie einen merklichen Einfluss auf die Motorik der Kinder nimmt. Allerdings kann auch nicht ausgeschlossen werden, dass die fehlenden Zusammenhänge auf Operationalisierungsprobleme zurückzuführen sind (z.B. könnte es im frühen Kindesalter schwierig zu sein, motorische Aktivitäten über normierte bzw. institutionalisierte Bewegungsaktivitäten zu erfassen). In einem nächsten Schritt wäre der Frage nachzugehen, durch welche Formen der Intervention eine bessere motorische Ausbildung im Vorschulalter erreicht und wie dies angemessen evaluiert werden kann.

Die Korrelationsanalysen getrennt für die einzelnen Altersklassen unterstützen die Differenzierungshypothese. Nach dieser ergibt sich mit zunehmendem Lebensalter eine Ausdifferenzierung der kognitiven und motorischen Fähigkeiten, z.B. in verschiedene Dimensionen der Intelligenz bzw.

Dimensionen der Motorik (6, 13). Während die vierjährigen Kinder noch signifikante mittlere Korrelationen zwischen der Leistung im POD und vier motorischen Fähigkeiten zeigen,

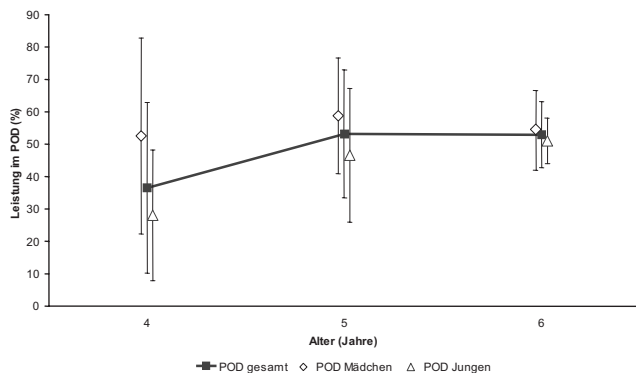


Abbildung 2: Entwicklung der optischen Differenzierungsleistung (POD) in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

liegen für die sechsjährigen Kinder keine signifikanten Zusammenhänge vor. Die Korrelation mit der Sprungkraft bei den Vierjährigen könnte damit erklärt werden, dass der Bewegungsablauf des Strecksprungs mit Ausholbewegung für diese jungen Kinder (noch) eine sehr komplexe Bewegung darstellt, die hohe Anforderungen an die Ganzkörperkoordination (Koordination der einzelnen Körperteile zueinander) stellt, so dass konditionelle Aspekte in den Hintergrund treten. Die Korrelation der Leistung im POD mit der Gleichgewichtsfähigkeit bei den Fünfjährigen erscheint durchaus plausibel. In diesem Zusammenhang sollte darauf hingewiesen werden, dass für die Gesamtgruppe und die vierjährigen Kinder marginal signifikante Korrelation mit der Gleichgewichtsfähigkeit vorliegen. Die fehlenden signifikanten Korrelationen für die Sechsjährigen könnten, neben der fortschreitenden Differenzierung, auch auf den relativ kleinen Stichprobenumfang zurückgeführt werden. Folgestudien mit größeren Stichproben innerhalb der einzelnen Altersklassen wären hier wünschenswert. Die fehlenden kognitiv-motorisch Korrelationen sollten keinesfalls so interpretiert werden, dass Bewegung für ältere Kindergartenkinder nicht mehr wichtig ist. Insgesamt gehen die Korrelationen auch für die Sechsjährigen in die erwartete Richtung, sind jedoch nicht signifikant.

Im Unterschied zu den hier vorgestellten Ergebnissen zeigte die Metaanalyse von Sibley und Etnier (22) für das Kindes- und Jugendalter keinen unterschiedlichen Effekt der Art der körperlichen Aktivität (Kraft- und Zirkeltraining, Sportunterricht, aerobe Aktivitäten und psychomotorisches Training) auf die Kognition. Graf und Kollegen (8, 9) fanden für das Grundschulalter einen Zusammenhang der Konzentrationsleistung mit der Leistung im Körperkoordinationstest für Kinder (KTK), nicht jedoch mit der Ausdauerleistungsfähigkeit. Im Unterschied zu Graf und Kollegen konnte in der vorliegenden Studie ein Zusammenhang zwischen der Gleichgewichtsfähigkeit (ein Subtest des KTK) und der optischen Differenzierungsleistung nur für die fünfjährigen Kinder nachgewiesen werden. Die z.T. unterschiedlichen und uneinheitlichen Ergebnisse können auf verschiedene Ursa-

chen zurückgeführt werden. Zu nennen sind hier das Alter der untersuchten Probanden (frühes Kindesalter bis Jugendalter), die ausgewählten kognitiven und motorischen Tests sowie die statistische Verarbeitung. So haben Graf und Kollegen z.B. den Summenwert aus den vier Subtests des KTKs in die Berechnung eingebracht, während in der vorliegenden Studie differenziert die einzelnen motorischen Tests betrachtet wurden.

Die aufgezeigten Zusammenhänge zwischen motorischer und kognitiver Leistungsfähigkeit lassen nur Vermutungen über die Richtung des Zusammenhangs zu. So könnte ein Einfluss des motorischen Leistungsniveaus auf die kognitiven Grundfunktionen vorliegen, umgekehrt könnte aber natürlich auch eine fortgeschrittenere kognitive Entwicklung die Ausführung zentralnervös gesteuerter Bewegungen positiv beeinflussen. Die Frage der Richtung des Zusammenhangs lässt sich so nicht beantworten, sondern müsste in einem längsschnittlichen Kontrollgruppendesign, in dem die Kinder (a) eine gezielte kognitive Förderung, (b) eine gezielte motorische Förderung und (c) keine gezielte Förderung erfahren, untersucht werden.

Hollmann und Kollegen (11) weisen darauf hin, dass koordinative Beanspruchung im Vorschulalter die Synapsenbildung intensiviere und dadurch vermutlich bessere intellektuelle Voraussetzungen für das spätere Leben biete. (Umgekehrt könnte natürlich auch eine durch kognitive Beanspruchung geförderte Synapsenbildung sich positiv auf die Ausführung koordinativ-motorischer Bewegungen auswirken.) Neben einer durch motorische und/oder kognitive Aktivität gesteigerten Synapsenbildung werden weitere physiologische Prozesse diskutiert: So kann Bewegung (wie in Studien zur aeroben Fitness mit jungen und älteren Erwachsenen beobachtet) zu einer erhöhten zerebralen Durchblutung führen, wodurch die Sauerstoffversorgung und in der Folge die Stoffwechselaktivität gefördert wird. Außerdem können eine durch Aktivität geförderte Spineproduktion und Neurogenese als Erklärungen angeführt werden (2, 5, 15). Bereits in den 1990er Jahren haben Hollmann und Kollegen die Bewegungs-Neurowissenschaft ins Leben gerufen und damit die Untersuchung der Verzahnung von Körper und Geist ermöglicht (z.B. 10, 11). Durch den Einsatz moderner bildgebender Verfahren haben sie wiederholt die Bedeutung körperlicher Aktivität für die Leistungsfähigkeit des Gehirns im Erwachsenenalter und Alter nachgewiesen. Auch für das Kindesalter erscheint der Einsatz bildgebender Verfahren vielversprechend und zukunftsweisend.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass besonders im frühen Kindesalter (4/5 Jahre) ein Zusammenhang zwischen der koordinativen und kognitiven Entwicklung zu beobachten ist, so dass auch in den Kindergärten und -tagesstätten eine ganzheitliche Förderung, die sowohl die Kognition als auch die Motorik berücksichtigt, sehr wichtig ist. Die Einrichtung und Etablierung der sogenannten Bewegungsgärten scheint damit ein wichtiger „Baustein“ der frühkindlichen Förderung zu sein.

Danksagung

DFG WI 685/3: Die Lernfähigkeit motorischer Fertigkeiten über die Lebensspanne. Mein besonderer Dank gilt Peter Fleig für die Unterstützung bei der Datenerhebung.

Literatur

- Allen G, Buxton RB, Wong EC, Courchesne E: Attentional activation of the cerebellum independent of motor involvement. *Science* 275 (1997) 1940-1943.
- Colcombe SJ, Kramer AF: Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study. *Psychol Sci* 14 (2003) 125-130.
- Desmond JE, Fiez JA: Neuroimaging studies of the cerebellum: language, learning and memory. *Trends Cogn Sci* 2 (1998) 355-361.
- DOG: Kinder Bewegen. <http://www.kinder-bewegen.de>, 2004.
- Dustman RE, Emmerson R, Shearer D: Physical activity, age, and cognitive-neurophysiological function. *J Aging Phys* 2 (1994) 143-181.
- Eggert D, Schuck KD: Untersuchungen zu Zusammenhängen zwischen Intelligenz, Motorik und Sozialstatus im Vorschulalter, in: Müller H-J, Decker R, Schilling F (Hrsg.): Motorik im Vorschulalter. Wissenschaftliche Grundlagen und Erfassungsmethoden. Hofman, Schorndorf, 1975, 67-89.
- Etnier JL, Salazar W, Landers DM, Petruzzello SJ, Han M, Nowell P: The influence of physical fitness and exercise upon cognitive functioning: A meta-analysis. *J Sport Exerc Psychol* 19 (1997) 249-277.
- Graf C, Koch B, Dordel S: Körperliche Aktivität und Konzentration - gibt es Zusammenhänge? *Sportunterricht* 52 (2003a) 142-146.
- Graf C, Koch B, Klippel S, Büttner S, Coburger S, Christ H, Lehmacher W, Bjarnason-Wehrens B, Platen P, Hollmann W, Predel H-G, Dordel S: Zusammenhänge zwischen körperlicher Aktivität und Konzentration im Kindesalter - Eingangsergebnisse des CHILT-Projekts. *Dtsch Z Sportmed* 54 (2003) 242-246.
- Hollmann W, Strüder H, Herzog H, Fischer H-G, Platen P, De Meirleier K, Donike M: Gehirn - hämodynamische, metabolische und psychische Aspekte bei körperlicher Arbeit. *Dtsch Ärzteblatt* 93 (1996) 2033-2038.
- Hollmann W, Strüder HK, Tagarakis CVM: Körperliche Aktivität fördert Gehirngesundheit und -leistungsfähigkeit. *Nervenheilkunde* 9 (2003) 467-474.
- Kiphard EJ, Schilling F: Körperkoordinationstest für Kinder. Beltz, Weinheim, 1974.
- Li S-C, Lindenberger U, Hommel B, Aschersleben G, Prinz W, Baltes PB: Transformations in the couplings among intellectual abilities and constituent cognitive processes across the life span. *Psychol Science* 15 (2004) 155-163.
- Martin P, Ettrich KU, Lehr U, Roether D, Martin M, Fischer-Cyrulies A: Aspekte der Entwicklung im mittleren und höheren Lebensalter. Steinkopf, Darmstadt, 2000.
- McAuley E, Kramer AF, Colcombe SJ: Cardiovascular fitness and neurocognitive function in older adult: a brief review. *Brain Behav Immun* 18 (2004) 214-220.
- Meinel K, Schnabel G: Bewegungslehre - Sportmotorik. Sport Verlag, Berlin, 1998.
- Moore JB, Guy LM, Reeve TG: Effects of the capon perceptual-motor program on motor ability, self-concept, and academic readiness. *Percept Mot Skills* 58 (1984) 711-714.
- Moser T, Christiansen K: Die Effekte psychomotorischen Trainings auf kognitive und motorische Lernvoraussetzungen von Kinder. *Spectrum Sportwiss* 1 (2000) 84-96.
- Sauter FC: Prüfung optischer Differenzierungsleistungen. POD. Westermann, Braunschweig, 1979.
- Sauter FC: POD-4. Prüfung optischer Differenzierungsleistungen bei Vierjährigen. Hogrefe, Göttingen, 2001.
- Schneising S: Psychomotorik für Kindergarten, Grundschule und Verein. Schneising, Rüben, 2000.
- Sibley BA, Etnier JL: The relationship between physical activity and cognition in children: A meta-analysis. *Pediatr Exerc Sci* 15 (2003) 243-256.
- Thach WT: What is the role of the cerebellum in motor learning and cognition. *Trends Cogn Sci* 2 (1998) 331-337.
- Van Mier HI, Petersen SE: Role of the cerebellum in motor cognition. *Ann NY Acad Sci* 978 (2002) 334-353.
- Voelcker-Rehage C, Wiertz O: Die Lernfähigkeit sportmotorischer Fertigkeiten im Lichte der Entwicklungspsychologie der Lebensspanne. Bielefelder Reihe, Bielefeld, 2003.
- Wilkening F, Krist H: Entwicklung der Wahrnehmung und Psychomotorik, in: Oerter R, Montada L (Hrsg.): Entwicklungspsychologie. Beltz Verlags Union, Weinheim, 2002, 395-417.
- Zimmer R: Toben macht schlau - Bewegung statt Verkopfung. Herder, Freiburg, 2004.
- Zimmer R, Volkamer M: MOT 4-6. Motorik-Test für vier- bis sechsjährige Kinder. Beltz Test, Göttingen, 1987.

Korrespondenzadresse:

Dr. Claudia Voelcker-Rehage
International University Bremen
Jacobs Center for Lifelong Learning
and Institutional Development
Campus Ring 1
28759 Bremen
E-mail: c.voelcker-rehage@iu-bremen.de