

Themenschwerpunkt Entwicklungsneuropsychologie

Räumlich-kognitive Fähigkeiten von Kindern mit Spina bifida

Gunnar Wiedenbauer und Petra Jansen-Osmann

Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf

Zusammenfassung: In dieser Studie wurden die kognitiven und räumlichen Fähigkeiten von Kindern mit Spina bifida umfassend untersucht. Bei einer systematischen Diagnose der räumlich-kognitiven Fähigkeiten konnte erstmals gezeigt werden, dass Kinder mit Spina bifida im Vergleich zu einer hinsichtlich Alter, Geschlecht und Verbal-IQ gematchten Kontrollgruppe sowohl in den räumlich-kognitiven Faktoren räumliche Veranschaulichung, räumliche Orientierung und mentale Rotation als auch in einer räumlichen Kurzzeitgedächtnisaufgabe signifikant schlechter abschnitten. Darüber hinaus zeigten Kinder mit Spina bifida eine signifikant schlechtere Orientierungsleistung in einem virtuellen Umgebungsraum. Es fanden sich Korrelationen zwischen den räumlichen Fähigkeiten und dem Lauflernalter der Kinder mit Spina bifida.

Schlüsselwörter: räumliche Fähigkeiten, Spina bifida, Kinder, Umgebungsraum

Spatial Abilities in Children with spina bifida

Abstract: In this study the cognitive and spatial abilities of children with spina bifida were extensively investigated. Due to this systematic investigation of the spatial cognitive abilities we could show for the first time that children with spina bifida performed worse than a healthy control group (matched by age, sex and verbal IQ) in the factors of visual-spatial abilities, which are spatial visualisation, spatial perception, and mental rotation, and in a spatial short-time memory task. The children with spina bifida showed furthermore impaired ability to orient themselves in a virtual environment. Correlations were found between spatial abilities of children with spina bifida and the age at which they learned to walk.

Keywords: spatial abilities, spina bifida, children, large-scale space

Ziel dieser Arbeit war es, die räumlich-kognitiven Fähigkeiten von Kindern mit Spina bifida umfassend zu diagnostizieren. Das Krankheitsbild Spina bifida (auch *Meningomyelocele* genannt) fällt unter die Neuralrohrdefekte. Diese Defekte manifestieren sich durch eine Verschlussstörung des Neuralrohrs in der 3. bis 4. Schwangerschaftswoche. Die Inzidenz für Spina bifida liegt in Deutschland bei 0.06–0.1 % (Jacobi, Preisler & Kieslich, 1998). Durch den Rückenmarksdefekt kommt es zu einer Beeinträchtigung des Liquorflusses, was erklärt, dass 80–90 % der Spina bifida-Patienten zusätzlich an einem Hydrozephalus leiden. Die Folgen des Rückenmarksdefekts sind Lähmungen in den zu versorgenden Körperregionen (z. B. Darm und Harnblase) und den unteren Extremitäten, wobei der Schweregrad von der Lokalisation des Defekts abhängt.

Kinder mit Spina bifida haben ein erhöhtes Risiko kognitiver Minderleistungen. Untersuchungen mit dem Intelligenz- und Entwicklungstest *WISC* (Wechsler Intelligence Scale for Children, Wechsler, 1991) zeigten gemittelte In-

telligenzwerte von 80 bis 92 (z. B. Casari & Fantino, 1998; Jacobs, Northam & Anderson, 2001; Shaffer, Friedrich, Shurtleff & Wolf, 1985; Tew, 1977; Wills, Holmbeck, Dillon & McLone, 1990), was einem Intelligenzquotienten (IQ) an der Grenze zwischen Normbereich (85–115) und leichter Lernbehinderung entspricht. In jeder dieser oben zitierten Studien fällt ein höherer Wert im Verbal- als im Handlungsteil auf, was darauf hindeutet, dass auch die räumlichen Fähigkeiten der Kinder beeinträchtigt sind.

Dennoch gibt es bis heute nur vereinzelte experimentelle Studien, die die räumlichen Fähigkeiten untersuchten, wobei sich diese Studien insbesondere auf den *visuell-räumlichen* Bereich beschränkten. Diese zeigten, dass Kinder mit Spina bifida Schwierigkeiten bei der visuellen Diskriminierung und dem visuellen Wiedererkennen (Mammarella, Cornoldi & Donadello, 2003) sowie bei der visuell-räumlichen Wahrnehmung haben, was sich besonders in schlechter Figur-Grund-Unterscheidungsfähigkeit äußerte (Sand, Taylor, Rawlings & Chitnis, 1973). Die De-

fizite scheinen in Tests, die eine motorische Handlung mit einbeziehen, größer zu sein als in objektbasierten Tests (Dennis, Fletcher, Rogers, Hetherington & Francis, 2002). Darüber hinaus zeigen sich Defizite in der visuell-räumlichen Aufmerksamkeit (Dennis et al., 2005). Die visuell-räumlichen Beeinträchtigungen bei Spina bifida und/oder Hydrocephalus könnten mit zugrunde liegenden neuroanatomischen Besonderheiten wie zum Beispiel Anomalien des Corpus callosum (Hannay, 2000) einhergehen. Die Existenz vergrößerter Ventrikel und eine damit einhergehende Kompression der posterioren kortikalen Gebiete scheinen ebenso mit visuell-kognitiven Beeinträchtigungen zu korrelieren (Erickson, Baron & Fantie, 2001).

Während in den letzten Jahren die *visuell*-räumlichen Fähigkeiten mit Hinblick auf neuroanatomische Veränderungen untersucht wurden, fehlt eine genaue Diagnose komplexerer räumlich-kognitiver Fähigkeiten von Kindern mit Spina bifida. Die klassischen räumlich-kognitiven Fähigkeiten lassen sich einer Metaanalyse von Linn und Petersen (1985) zufolge in drei Faktoren einteilen: räumliche Veranschaulichung, räumliche Orientierung und mentale Rotation. Aufgaben zur räumlichen Veranschaulichung erfordern mehrschrittige Verarbeitung und Manipulation räumlicher Information. Tests zur räumlichen Orientierung untersuchen, ob ein stabiles Konzept horizontaler und vertikaler Orientierung im Raum besteht, während unter mentaler Rotation die Fähigkeit verstanden wird, räumliche Information mental zu repräsentieren und diese Repräsentation durch eine Drehung zu transformieren.

Hegarty und Waller (2005) kritisierten, dass eine weitere räumlich-kognitive Fähigkeit bis heute vernachlässigt wurde: Neben der klassischen Unterteilung räumlich-kognitiver Fähigkeiten ist das Verhalten im Umgebungsraum – definiert als der Raum, der den Betrachter integriert, der aber von einem Beobachterstandpunkt nicht in seiner Gesamtheit eingesehen werden kann – von Bedeutung. Dabei scheint es einen Zusammenhang zwischen den klassischen räumlichen Fähigkeiten und den Fähigkeiten in einem Umgebungsraum zu geben (siehe auch Quaiser-Pohl, Lehmann & Eid, 2004).

Das Ziel dieser Arbeit war somit eine umfassende Diagnostik der räumlich-kognitiven Fähigkeiten und der räumlichen Fähigkeiten in einem Umgebungsraum von Kindern mit Spina bifida und einer gesunden Kontrollgruppe. Zusätzlich wurden neben einer Anamnese der frühkindlichen motorischen Entwicklung eine Intelligenzdiagnostik und ein Test des räumlichen Kurzzeitgedächtnisses durchgeführt.

Methode

Versuchspersonen

An der Studie nahmen 20 Kinder mit Spina bifida (7 Jungen und 13 Mädchen) im Alter zwischen 8 und 14 Jahren ($M = 11.31$, $SD = 1.68$) teil. Sie wurden durch eine Anzeige

in der Zeitschrift der *Arbeitsgemeinschaft Spina bifida und Hydrocephalus* (ASbH) und durch eine Kooperation mit der Neurochirurgischen Klinik des Universitätsklinikums Düsseldorf rekrutiert. Anamnestisch wurden weitere Erkrankungen, der Bereich der Läsion und die frühkindliche motorische Entwicklung (unter anderem der Zeitpunkt des ersten Laufens und Krabbelns bzw. der ersten Fortbewegung mit Hilfsmitteln wie z. B. Orthesen) erfasst. Bis auf ein Kind litten alle erkrankten Kinder an einem Hydrocephalus. Keines der Kinder litt an einer unkontrollierten Epilepsie, einer Wahrnehmungsstörung oder Verhaltensauffälligkeiten. Die Läsionen befanden sich bei 5 Kindern im Sakral-, bei 11 im Lumbal- und bei 4 im Thorakalbereich. Das durchschnittliche Alter, in welchem die Spina bifida Kinder mit oder ohne Hilfe laufen lernten, lag bei 27.5 Monaten ($SD = 15.53$).

Nach dem *matched-paired* Verfahren hinsichtlich Alter, Geschlecht und Verbal-IQ wurde eine 2. Gruppe mit gesunden Kindern ($M = 11.84$ Jahre, $SD = 1.77$) zusammengestellt. Zur Intelligenzdiagnostik wurde der HAWIK-III (Tewes, Rossmann & Schallberger, 2000) verwendet. Der Verbal-IQ lag – gemittelt über beide Gruppen – bei 98.98 ($SD = 12.04$). Die Experimentalgruppe und die Kontrollgruppe unterschieden sich in ihrem Handlungs-IQ, $F(1,34) = 47.02$, $p < .001$, $\eta^2 = .58$. Kinder mit Spina bifida erzielten einen Handlungs-IQ von 71.35 ($SD = 12.04$), die Kinder der Kontrollgruppe wiesen einen Handlungs-IQ von 98.3 ($SD = 12.76$) auf. Der unterdurchschnittliche Wert der Kinder mit Spina bifida war bedingt durch sehr schlechte Leistungen in Untertests mit stark räumlichen Komponenten (Skalenwerte: Mosaiktest $M = 3.9$, $SD = 3.0$ und Figurenlegen $M = 4.4$, $SD = 2.6$).

Material

Um die klassischen räumlich-kognitiven Fähigkeiten zu untersuchen, wurden alle drei Faktoren nach Linn und Petersen (1985) erhoben. Die räumliche Orientierung und die mentale Rotation wurden durch eine Wasserspiegelaufgabe beziehungsweise durch eine mentale Rotationsaufgabe (aus Lohaus, Schuhmann-Hengstler & Kessler, 1999) getestet. Bei der *Wasserspiegel-Aufgabe*, mit der bereits Piaget und Inhelder (1956) Untersuchungen zur kognitiven Entwicklung von Kindern durchführten, soll der Wasserstand in einem Glasgefäß, das gekippt präsentiert wird, eingezeichnet werden. Bei der mentalen Rotationsaufgabe werden zwei Würfelobjekte präsentiert. Die Kinder sollen entscheiden, ob es sich um dieselben oder verschiedene Objekte handelt. Abbildung 1 zeigt jeweils eine Beispielaufgabe aus den beschriebenen Tests. Die Fähigkeit zur räumlichen Veranschaulichung wurde mittels des *Children Embedded Figures Test* (CEFT, Witkin, Oltman, Raskin & Karp, 1971) erfasst. Hierbei soll eine geometrische Figur (Dreieck in Abbildung 1 (c)) in einem Suchbild gefunden werden. Um zu verhindern, dass eventuelle Unterschiede zwischen der Gruppe der Kinder mit Spina bifida und der

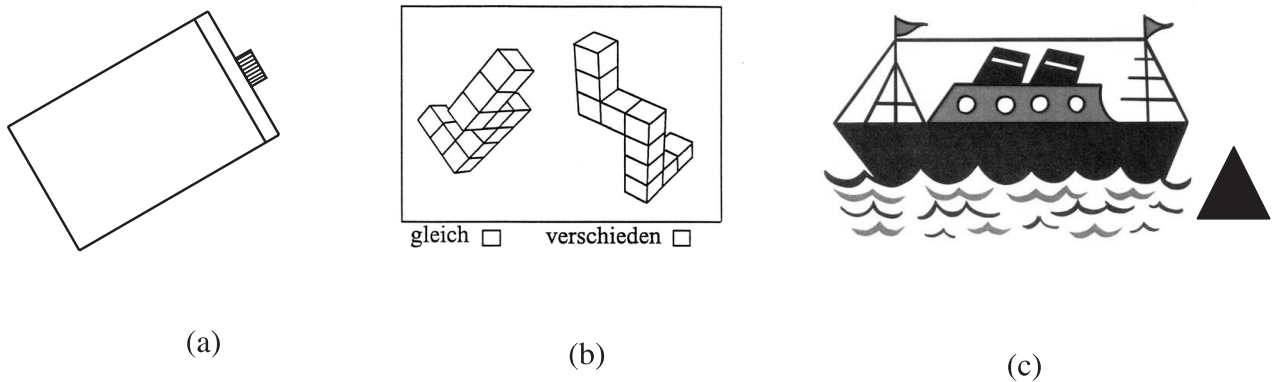


Abbildung 1. Beispielitems aus (a) der Wasserspiegelaufgabe, (b) der mentalen Rotation und (c) dem CEFT.



Abbildung 2. Einblick in das virtuelle Labyrinth.

Kontrollgruppe auf der Arbeitsgeschwindigkeit beruhen könnten, wurden alle Aufgaben ohne Zeitbegrenzung vorgegeben.

Das räumliche Kurzzeitgedächtnis wurde durch den Untertest *Räumliches Gedächtnis* der *Kaufman-Assessment Battery for Children* (K-ABC, Melchers & Preuss, 1994) erhoben. In diesem Untertest muss die räumliche Konfiguration mehrerer Symbole kurzzeitig erinnert werden.

Darüber hinaus wurde der räumliche Wissenserwerb in einem virtuellen Labyrinth getestet, welches bereits mit Erwachsenen (Jansen-Osmann, 2002) und gesunden Kindern (Jansen-Osmann & Wiedenbauer, 2004) erprobt wurde¹. Das virtuelle Flursystem bestand aus einem Weg aus 6 Hauptfluren, der vom Start zum Ziel führte. Von jedem der Hauptflure zweigten jeweils 3 Seitenflure ab. In dem System befanden sich virtuelle Stofftiere als Landmarken. Abbildung 2 zeigt einen Einblick in das Labyrinth. Es war die Aufgabe der Kinder, so lange mittels eines Joysticks durch das Flursystem mit Landmarken navigieren, bis sie viermal hintereinander fehlerfrei den korrekten Weg zum Ziel fanden. Daraufhin wurden die Landmarken entfernt und die

Kinder sollten in einem Testdurchgang wiederum möglichst ohne Fehler den Weg durch das «leere» Labyrinth gehen. Nach einer weiteren Lernphase wurde der Abruf der einzelnen Landmarken an den korrekten Positionen innerhalb des Labyrinthes getestet. Gemessen wurden die Anzahl der Lerndurchgänge, die Fehler beim Navigieren durch das leere Labyrinth und die Anzahl der erinnerten Landmarken.

Durchführung

Die Untersuchung wurde an zwei Terminen in den Räumen des Instituts für Experimentelle Psychologie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf durchgeführt. An einem ersten Termin erfolgten die Intelligenzdiagnostik und die Anamneseerhebung. An einem zweiten Termin wurden die räumlich-kognitiven Tests, der räumliche Kurzzeitgedächtnistest und die Untersuchung zum räumlichen Wissenserwerb in einem virtuellen Umgebungsraum durchgeführt.

¹ Für eine ausführliche Darstellung siehe Wiedenbauer, G. & Jansen-Osmann, P. (im Druck). Spatial knowledge of children with spina bifida in a virtual large-scale space. *Brain and Cognition*.

Tabelle 1

Mittelwerte der Kinder mit Spina bifida und der gesunden Kontrollgruppe in den räumlich-kognitiven Tests und im räumlichen Kurzzeitgedächtnistest. Angegeben sind jeweils die Anzahl der richtig gelösten Items (Standardabweichungen in Klammern)

	Wasserspiegel-Aufgabe	Mentale Rotation	CEFT	Räumliches Gedächtnis
Spina bifida	1.24 (1.97)	4.60 (1.39)	12.40 (4.95)	14.40 (3.50)
Kontrollgruppe	4.23 (2.80)	5.75 (1.33)	21.65 (2.41)	16.90 (2.49)

Tabelle 2

Mittelwerte der Kinder mit Spina bifida und der gesunden Kontrollgruppe in der Untersuchung des räumlichen Wissens in einem Umgebungsraum (Standardabweichungen in Klammern)

	Lerndurchgänge	Fehler im Testdurchgang	Erinnerte Landmarken
Spina bifida	6.20 (2.70)	2.45 (2.31)	5.3 (2.84)
Kontrollgruppe	2.95 (0.89)	0.55 (0.76)	7.7 (2.25)

Ergebnisse

Testung der räumlich-kognitiven Fähigkeiten und des räumlichen Kurzzeitgedächtnisses

In jedem der drei Faktoren der räumlichen Fähigkeiten zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den Gruppen: Sowohl in der Wasserspiegelaufgabe, $F(1,38) = 15.26$, $p < .001$, $\eta^2 = .29$, als auch in der mentalen Rotation, $F(1,38) = 7.12$, $p < .05$, $\eta^2 = .16$, und im CEFT, $F(1,38) = 56.52$, $p < .001$, $\eta^2 = .6$, schnitten die Kinder mit Spina bifida signifikant schlechter ab als die gesunden Kinder. Sie zeigten zudem eine schlechtere Leistung im räumlichen Kurzzeitgedächtnistest, $F(1,38) = 6.77$, $p < .05$, $\eta^2 = .15$. Die Mittelwerte der Gruppen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Testung der räumlichen Fähigkeiten in einem Umgebungsraum

Wie in Tabelle 2 ersichtlich wird, benötigten Kinder mit Spina bifida mehr Lerndurchgänge als die Kinder der Kontrollgruppe, $F(1,38) = 26.04$, $p < .001$, $\eta^2 = .41$, und begingen mehr Fehler bei Abwesenheit von Landmarkeninformation, $F(1,38) = 12.04$, $p < .001$, $\eta^2 = .24$. Zudem erinnerten sie sich an weniger Landmarken, $F(1,38) = 8.74$, $p < .05$, $\eta^2 = .18$.

Korrelation der räumlichen Fähigkeiten mit der motorischen Entwicklung der Kinder mit Spina bifida

Korreliert wurden die Leistungen in den räumlich-kognitiven Aufgaben, dem räumlichem Kurzzeitgedächtnis, der Labyrinthaufgabe und dem Handlungs-IQ mit dem Lauf-

lernalter der Kinder mit Spina bifida (in Monaten). Dabei zeigten sich signifikante Korrelationen zwischen dem Lauflernalter und der Leistung in der Wasserspiegelaufgabe ($r = -.53$, $p < .05$), dem CEFT ($r = -.71$, $p < .01$), dem räumlichen Gedächtnis ($r = -.81$, $p < .001$), der Anzahl der Lerndurchgänge ($r = .79$, $p < .001$) und dem Handlungs-IQ ($r = -.62$, $p < .05$). Kinder mit Spina bifida, die später laufen lernten, hatten schlechtere Werte in der räumlichen Wahrnehmung und Veranschaulichung, ein schlechteres räumliches Kurzzeitgedächtnis, zeigten eine schlechtere Wegfindleistung und einen niedrigeren Handlungs-IQ.

Diskussion

Die hier dargestellte Studie gibt ein systematisches und umfassendes Bild der räumlichen Fähigkeiten von Kindern mit Spina bifida. Zum ersten Mal wurde neben der Diagnose der räumlich-kognitiven Fähigkeiten auch die räumliche Orientierungsleistung in einem Umgebungsraum diagnostiziert und der Zusammenhang zur frühkindlichen motorischen Entwicklung untersucht. Die erkrankten Kinder schnitten sowohl in jedem der drei Faktoren der «klassischen» räumlich-kognitiven Fähigkeiten (Linn & Petersen, 1985) als auch in einem räumlichen Kurzzeitgedächtnistest und im Erwerb räumlichen Wissens schlechter ab als die gesunde Kontrollgruppe, die hinsichtlich ihres Alters, Geschlechts und verbalen IQs mit den Spina bifida-Kindern vergleichbar war. Räumlich-kognitiven Beeinträchtigungen von Kinder mit Spina bifida beschränken sich demnach nicht auf einzelne Bereiche der räumlichen Fähigkeiten.

Zur Ermittlung der Ursachen der Defizite könnte die Anamnese der motorischen Entwicklung Hinweise erbringen: Aufgrund der körperlichen Beeinträchtigungen konnten die Kinder mit Spina bifida sich erst viel später (mit oder ohne Hilfe) im Raum bewegen als gesunde Kinder. Diese retardierte motorische Entwicklung steht im Zusam-

menhang sowohl mit der schlechten Leistung der Kinder mit Spina bifida, einen Weg in einem virtuellen Labyrinth zu lernen, als auch mit der Leistung in den Aufgaben zur räumlichen Veranschaulichung und Orientierung und zum räumlichen Kurzzeitgedächtnis. Die motorische Entwicklung scheint für die räumliche Orientierungsleistung von großer Bedeutung zu sein, was in Übereinstimmung zu Befunden anderer Studien steht, in welchen körperbehinderte Kinder eine schlechtere Orientierungsleistung zeigten (z. B. Foreman, Stanton, Wilson & Duffy, 2003; Wilson, Foreman, Stanton & Duffy, 2004) und zu Befunden einer Studie zur räumlichen Leistung von Patienten mit Spina bifida in einem Umgebungsraum (Simms, 1987). Junge Erwachsene mit Spina bifida, die schon früh in der Entwicklung in ihrer Bewegungsfreiheit eingeschränkt waren, begingen deutlich mehr Fehler beim Wiederfinden einer Route in einem Straßensystem als gesunde Versuchspersonen. Unsere Studie weist darauf hin, dass frühe Raumerfahrung nicht nur für die Entwicklung der räumlichen Orientierung essenziell zu sein scheint (Yan, Thomas & Downing, 1998), sondern auch für die Entwicklung der räumlichen Veranschaulichung und Orientierung und des räumlichen Gedächtnisses.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass das spätere Lauflernalter der Spina bifida-Kinder nicht die Ursache für die schlechtere räumlich-kognitive Leistung ist, sondern ein weiteres Indiz für den Schweregrad der Missbildung. Sowohl der Hydrozephalus als auch weitere Hirnanomalien, die bei Kindern mit Spina bifida häufig vorhanden zu sein scheinen (siehe z. B. Fletcher et al., 2005), könnten die retardierte motorische Entwicklung und die eingeschränkten räumlich-kognitiven Fähigkeiten bedingt haben. In weiteren Studien müssen hirnanatomische Veränderungen zusätzlich untersucht werden. Damit scheint an dieser Stelle ein enges Zusammenspiel neurophysiologischer und kognitiv-experimenteller Forschung unabdingbar.

Danksagung

Die Studie wurde finanziert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft JA 889/4-1 (Petra Jansen-Osmann). Wir danken Léonie Lange, Fr. PD Dr. Messing-Jünger, Monika Renvert und Corinna Vorstius für ihre Hilfe und allen teilnehmenden Kindern und ihren Eltern.

Literatur

- Casari, E. F. & Fantino, A. G. (1998). A longitudinal study of cognitive abilities and achievement status of children with myelomeningocele and their relationship with clinical types. *European Journal of Pediatric Surgery*, 8, 52-54.
- Dennis, M., Edelstein, K., Copeland, K., Frederick, J., Francis, D., Hetherington, R., Blaser, S., Kramer, L., Drake, J., Brandt, M. & Fletcher, J. (2005). Space-based inhibition of return in children with spina bifida. *Neuropsychology*, 19, 456-465.
- Dennis, M., Fletcher, J. M., Rogers, T., Hetherington, R. & Francis, D. J. (2002). Object-based and action-based visual perception in children with spina bifida and hydrocephalus. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 8, 95-106.
- Erickson, K., Baron, I. & Fantie, B. (2001). Neuropsychological functioning in early hydrocephalus: Review from a developmental perspective. *Child Neuropsychology*, 7, 199-229.
- Fletcher, J. M., Copeland, K., Frederick, J., Blaser, S. E., Kramer, L. A., Northrup, H., Hannay, H. J., Brandt, M. E., Francis, D. J., Villarreal, G., Drake, J. M., Laurent, J., Townsend, I., Inwood, S., Boudousquie, A. & Dennis, M. (2005). Spinal lesion level in spina bifida meningocele: A source of neural and cognitive heterogeneity. *Journal of Neurosurgery*, 102, 268-279.
- Foreman, N., Stanton, D., Wilson, P. & Duffy, H. (2003). Spatial knowledge of a real school environment acquired from virtual or physical models by able-bodied children and children with physical disabilities. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9, 67-74.
- Hannay, H. J. (2000). Functioning of the corpus callosum in children with early hydrocephalus. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6, 351-361.
- Hegarty, M. & Waller, D. (2005). Individual differences in spatial abilities. In P. Shah & A. Miyake (Eds.), *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking* (pp. 121-169). Cambridge: University Press.
- Jacobi, G., Preisler, B. & Kieslich, M. (1998). Inzidenz und regionale Verteilung. In T. Michael, A. von Moers & A. E. Strehl (Hrsg.), *Spina bifida: Interdisziplinäre Diagnostik, Therapie und Beratung* (S. 3-4). Berlin: de Gruyter.
- Jacobs, R., Northam, E. & Anderson, V. (2001). Cognitive outcome in children with myelomeningocele and perinatal hydrocephalus: A longitudinal perspective. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, 13, 389-405.
- Jansen-Osmann, P. (2002). Using desktop virtual environments to investigate the role of landmarks. *Computers in Human Behavior*, 18, 427-436.
- Jansen-Osmann, P. & Wiedenbauer, G. (2004). The representation of landmarks and routes in children and adults: A study in a virtual environment. *Journal of Environmental Psychology*, 24, 347-357.
- Linn, M. C. & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 56, 1479-1498.
- Lohaus, A., Schuhmann-Hengstler, R. & Kessler, T. (1999). *Räumliches Denken im Kindesalter*. Göttingen: Hogrefe.
- Mammarella, N., Cornoldi, C. & Donadello, E. (2003). Visual but not spatial working memory deficit in children with spina bifida. *Brain and Cognition*, 53, 311-314.
- Melchers, P. & Preuss, U. (1994). *Kaufman Assessment Battery for Children (K-ABC), deutschsprachige Fassung*. Göttingen: Hogrefe.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1956). *The child's conception of space*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Quaiser-Pohl, C., Lehmann, W. & Eid, M. (2004). The relationship between spatial abilities and representations of large-scale space in children - a structural equation modeling analysis. *Personality and Individual Differences*, 36, 95-107.
- Sand, P. L., Taylor, N., Rawlings, M. & Chitnis, S. (1973). Performance of children with spina bifida manifesta on the Frostig

- Developmental Test of Visual Perception. *Perceptual and Motor Skills*, 37, 539–546.
- Shaffer, J., Friedrich, W.N., Shurtleff, D.B. & Wolf, L. (1985). Cognitive and achievement status of children with myelomeningocele. *Journal of Pediatric Psychology*, 10, 325–336.
- Simms, B. (1987). The route learning ability of young people with Spina Bifida and Hydrocephalus and their able-bodied peers. *Zeitschrift für Kinderchirurgie*, 42, 53–56.
- Tew, B. (1977). Spina bifida children's scores on the Wechsler Intelligence Scale for Children. *Perceptual and Motor Skills*, 44, 381–382.
- Tewes, U., Rossmann, P. & Schallberger, U. (2000). *Hamburger-Wechsler-Intelligenztest für Kinder III (HAWIK-III)*. Göttingen: Hogrefe.
- Wechsler, D. (1991). *Manual for the Wechsler Intelligence Scale for Children* (3rd ed.). San Antonio: The Psychological Corporation.
- Wiedenbauer, G. & Jansen-Osmann, P. (im Druck). Spatial knowledge of children with spina bifida in a virtual large-scale space. *Brain and Cognition*.
- Wills, K.E., Holmbeck, G.N., Dillon, K. & McLone, D.G. (1990). Intelligence and achievement in children with myelomeningocele. *Journal of Pediatric Psychology*, 15, 161–176.
- Wilson, P.N., Foreman, N., Stanton, D. & Duffy, H. (2004). Memory for targets in a multi-level simulated environment: A comparison between able-bodied and physically disabled children. *British Journal of Psychology*, 95, 325–338.
- Witkin, H.A., Oltman, P.K., Raskin, E. & Karp, S.A. (1971). *Manual for the Embedded Figures Test, Children's Embedded Figures Test, and Group Embedded Figures Test*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Yan, J.H., Thomas, J.R. & Downing, J.H. (1998). Locomotion improves children's spatial search: A meta-analytic review. *Perceptual and Motor Skills*, 87, 67–82.

Dr. Gunnar Wiedenbauer

Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Institut für Experimentelle Psychologie
Universitätsstr. 1
D-40225 Düsseldorf
Tel. +49 211 81-14568
Fax +49 211 81-15037
E-Mail gunnar.wiedenbauer@uni-duesseldorf.de