

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/280919186>

Strategien für die Bearbeitung von Raumvorstellungsaufgaben.

Article · January 2014

CITATIONS

0

READS

503

1 author:



[Guenter Maresch](#)

University of Salzburg

48 PUBLICATIONS 29 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Aktuelle Arbeitsschwerpunkte // Current Research Focus [View project](#)

Strategien für die Bearbeitung von Raumvorstellungsaufgaben

G.J. Maresch, 2014
Pädagogische Hochschule Salzburg

Nach ziemlich genau einem Jahrhundert der Suche nach einem trennscharfen, validen und in der Wissenschaftswelt akzeptierten faktoranalytischen Modell der Raumintelligenz kann dieses bis dato nicht vorgewiesen werden. Faktorenbasierte psychometrische Raumvorstellungstests wurden mit der Intention entwickelt, dass ProbandInnen die einzelnen Aufgaben mit möglichst homogenen Überlegungen lösen müssen. Untersuchungsergebnisse deuten nun darauf hin, dass Versuchspersonen ganz im Gegensatz dazu bei der Lösung von Raumvorstellungsaufgaben eine Vielzahl unterschiedlicher Strategien anwenden. Mit dieser Erkenntnis rückte die Erforschung der verschiedenartigen Herangehensweisen beim Lösen von Raumvorstellungsaufgaben in den Vordergrund der Betrachtungen und Untersuchungen. Seit Barratt [1] wurde eine Vielzahl von Bearbeitungsstrategien von geometrischen Aufgaben erkannt und untersucht. In diesem Beitrag wird der Versuch unternommen, diese zu bündeln und im Modell der „vier Strategiepaare zur Lösung von Raumvorstellungsaufgaben“ zu systematisieren und zu beschreiben.

Schlüsselwörter: Strategien, Strategiepaare, Faktoren der Raumvorstellung, Raumintelligenz.

Für eine allgemeine Definition räumlicher Fähigkeiten erscheint [...] der Zugang über die bei der Bearbeitung räumlicher Aufgaben eingesetzten Strategien angemessener.
[28]

Mit Beginn des 20. Jahrhunderts wurde der Begriff der Raumintelligenz im Kreise anderer Intelligenzfaktoren (wie z.B. Sprachverständnis, Auffassungsgeschwindigkeit, schlussfolgerndes Denken oder Wortflüssigkeit) definiert [29, 30]. Von 1950 bis 1994 versuchten WissenschaftlerInnen während der faktoriellen Phase der Raumintelligenzforschung (-dieser Begriff wurde in Maresch [21, 22] eingeführt und erörtert-) das Raumvorstellungsvermögen eingehender zu untersuchen und die einzelnen Bestandteile dieser Intelligenzfacette zu identifizieren. In dieser Zeit wurde eine große Anzahl von Modellen entworfen, welche unterschiedliche Faktoren des Raumvorstellungsvermögens auswiesen. Die Modelle enthielten zwei bis oftmals mehr als zehn unterschiedliche Faktoren fest [2, 5, 11, 15, 16, 17, 19, 23, 26, 31].

Sackgasse Faktorenanalyse

Um die wissenschaftliche Tragfähigkeit der entworfenen faktoranalytischen Modelle zu festigen, wurden die einzelnen Faktoren mittels psychologischer Testverfahren untersucht. Hierbei konnten zwei Erkenntnisse festgehalten werden:

1. Es ist NICHT gelungen trotz der mehr als 100-jährigen Bemühungen der Wissenschaft E I N konsistentes und valides faktoranalytisches Modell der Raumvorstellung zu etablieren. Trennscharfe Festlegungen und Definitionen von Faktoren konnten nicht formuliert werden, obgleich eine große Zahl von vorgeschlagenen Modellen untersucht wurden. Faktoranalytische Raumintelligenzmodelle steuerten unter anderen Thurstone [31], French [5], Guilford [11], Rost [26], Lohman [16], McGee [23], Linn & Petersen [15], Lohman [17], Carroll [2] und Maier [19] bei.
2. Die Untersuchungsergebnisse in Zusammenhang mit dem räumlichen Vorstellungsvermögen divergierten oftmals deutlich. Sei es bei Arbeiten zu Geschlechtsunterschieden, bei Forschungsprojekten zu den einzelnen Faktoren der Raumvorstellung, bei der Frage nach der neuropsychologischen Lokalisation des Raumvorstellungsvermögens oder generell bei den diversen Arbeiten aus differentieller oder psychometrischer Perspektive (z.B. der Frage nach unterschiedlichen Ergebnissen bei Tests mit oder ohne Zeitbeschränkung) [8, 10, 14].

Strategien im Fokus

Untersuchungen, bei denen Versuchspersonen nach der Bearbeitung von Raumvorstellungsaufgaben interviewt wurden bzw. schriftlich ihre Überlegungen zur Lösungsfindung formulierten, zeigten eine mögliche Ursache für die beiden obigen unbefriedigenden Erkenntnisse auf: *„Die klassische faktorenanalytische-psychometrische Forschungsperspektive setzt implizit voraus, dass Raumvorstellungsaufgaben von allen Probanden mit derselben Lösungsstrategie gelöst werden.“* [10]. Diese Annahme eines konsistenten und homogenen Lösungsverhaltens von Versuchspersonen musste aufgrund interindividueller unterschiedlicher Bearbeitungsstrategien und intraindividuellen Strategiewechsel verworfen werden [28]. Insgesamt liegen aufgrund verschiedenartiger Strategien für die Lösungsfindung der Versuchspersonen teilweise sehr stark ausgeprägte wechselseitige Bezüge und Abhängigkeiten zwischen den unterschiedlichen Faktoren des räumlichen Vorstellungsvermögens vor [19]. Diese Erkenntnisse gipfeln in der Aussage, dass im Extremfall intendierte Bearbeitungsstrategien praktisch kaum angewandt werden [19]. Lohman hielt folgendes fest: *“One of the major problems is that tests are solved in different ways by different subjects. Subjects change their solution strategies with practice or when items difficulty increases ([16], S. 174).* Die Untersuchung von Faktoren rückte aufgrund dieser Erkenntnisse mehr und mehr in den Hintergrund. Souvignier stellt pointiert fest, dass zur Interpretation von Faktoren lediglich Beschreibungen der Anforderungen von Testverfahren mit hohen Ladungen auf diesen Faktoren vorgenommen wurden und daher die entsprechenden Definitionen dieser letztlich nur eine abstrahierte Aufzählung von Testverfahren darstellen, die in die jeweilige Analyse eingingen [28]. Der Fokus der Raumintelligenzforschung richtet sich nun neben Untersuchungen zu „small scale“ und „large scale“ Settings, dynamischen geometrischen Fähigkeiten, Arbeitsgedächtnis und Bilderkennung vermehrt auf die Identifikation und Beschreibung der eingesetzten Lösungsstrategien. Es wird festgestellt, dass *„übliche alternative Lösungsstrategien mittels weiterer kognitiver Qualifikationen oder veränderter räumlich-visueller Bezüge deshalb die gebotene Beachtung finden sollten.“* ([19], S. 55) oder dass insbesondere die verwendeten Strategien im Zentrum des Interesses stehen sollten [10] und es wird konstatiert, dass der flexible Einsatz von Strategien bzw. der Einsatz einer adäquaten Strategie je nach Aufgabenstellung, eine wichtige Facette bei der Erzielung optimaler Leistungen bei räumlichen Aufgaben ist [9].

Strategien in der Literatur

Bei der Analyse von Strategieuntersuchungen konnten vier Paare von verwendeten Lösungsstrategien identifiziert werden. Die vier im Folgenden formulierten und erörterten Strategiepaare erheben nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, wenngleich eine Großzahl von Publikationen diese vier Strategiepaare bzw. diverse Teilmengen daraus als DIE relevanten Strategien erkannten. Beispiele für in der Literatur erwähnten Strategien für die Bearbeitung und Lösung von Raumvorstellungsaufgaben sind:

- | | |
|------------------------|---|
| Barratt [1]: | <ul style="list-style-type: none">- Key features strategies- Move object strategies- Move self strategies |
| Just & Carpenter [13]: | <ul style="list-style-type: none">- Mentale Rotation um das Weltkoordinatensystem- Mentale Rotation um ein Benutzerkoordinatensystem- Merkmale von Objekten miteinander vergleichen- Perspektivenwechsel |
| Dünser ([4], S. 159): | <ul style="list-style-type: none">- Man bewegt sich selbst oder man bewegt das Objekt- Konzentration auf Details oder auf das Ganze- Nachdenken und Vorstellen |
| Schultz [27]: | <ul style="list-style-type: none">- Mental rotation strategy- Perspective change strategy- Analytic strategy |

Zusätzlich zu den im Folgenden beschrieben vier Strategiepaaren werden oftmals weitere Bezeichnungen formuliert: Ausweichstrategien, Ergänzungsstrategien, Mischstrategien, verbal-analytische Strategien sowie logisch-folgerndes Denken [10, 19, 28]. Diese Strategien können nach näherer Analyse als Teilmenge einer der Strategiepaare zugeordnet werden.

Vier Strategiepaare

Die einzelnen Paare von Strategien für die Lösung von Raumvorstellungsaufgaben stellen jeweils Gegenspieler dar. Geometrische Objekte werden bei Testfragen im Allgemeinen entweder ganzheitlich (holistisch) erfasst oder sie werden analytisch (Einzelteil für Einzelteil) betrachtet. Versuchspersonen generieren sich entweder ein mentales räumliches Modell der abgebildeten Objekte (Räumliche Strategie) oder nehmen das ebene Abbild des Objektes als Ausgangspunkt für weitere Überlegungen (Flächendenken). Bei der Lösung von Raumvorstellungsaufgaben positionieren sich ProbandInnen oftmals außerhalb der Aufgabenkonstellation und bewegen für die Lösungsfindung die Szene mental. Im Gegensatz dazu versetzen sich Testpersonen – vor allem bei Aufgaben zur räumlichen Orientierung – in die gegebene Szene und bewegen sich mental durch die in der Aufgabe dargestellten Objekte. Schließlich kann bei Versuchspersonen ein generell verifizierendes oder falsifizierendes Vorgehen bei der Lösungsfindung beobachtet werden. Bei mehreren Lösungsmöglichkeiten einer Aufgabe wird entweder versucht, direkt auf die richtige Lösung zuzusteuern oder es wird im ausschließenden Verfahren vorgegangen, indem falsche Lösungen ausgeschlossen werden und somit die einzig richtige schließlich als letzte noch nicht ausgeschlossene Lösungsmöglichkeit vorhanden ist.



Abb. 1: Die vier Paare von Strategien für die Lösung von Raumvorstellungsaufgaben

1. **Holistische (ganzheitliche) Strategie – Analytische Strategie**

Die Differenzierung nach ganzheitlicher oder analytischer Herangehensweise bei der Lösung von Raumvorstellungsaufgaben ist das in der Literatur am häufigsten identifizierte Strategiepaar. Barratt [1], Cooper [3], Schultz [27], Hosenfeld, Strauss & Köller [12], Glück [7] und Kaufmann [14] lieferten dazu wichtige Beiträge. Bei holistischer Strategieanwendung wird die gesamte Szene/die gesamte visuelle Information mental erzeugt und danach geometrisch manipuliert, wobei räumliche Beziehungen zwischen Objekten beachtet werden. Je besser das Raumvorstellungsvermögen von Testpersonen ist und je einfacher die Aufgabe ist, desto eher wird die holistische Strategie angewendet. Holistisches Vorgehen wird als „whole approach“ gegenüber analytischem Vorgehen („part approach“) bereits 1953 von Barratt [1] untersucht. Bei analytischem Vorgehen (auch oftmals als „key feature strategy“ beschrieben) fokussieren sich Testpersonen entweder auf Einzelteile der gesamten Szene bzw. von geometrischen Objekten und vergleichen diese mit den möglichen Lösungen oder setzen analytisch-verbales Beschreiben oder logisch-schlussfolgerndes Denken ein. Holistische Strategieanwendung

benötigt im Vergleich zu analytischer weniger Zeit, dafür aber größere mentale Anstrengung, da Informationen komplexer repräsentiert werden als bei analytischem Vorgehen. Aus diesem Grund wird in der Literatur oftmals bemerkt, dass die Anwendung von holistischen Strategien als „echte“ Raumvorstellung verstanden werden kann [14] und dass die Verwendung dieser „Strategie dem Gegenstand der Raumvorstellung besser entspricht als ein kleinschrittiges analytisches Vorgehen“ [10].

2. Räumliches Denken – Flächendenken

Beim räumlichen Denken generieren Versuchspersonen ein mentales dreidimensionales Modell der Szene und lösen eine Aufgabe, indem dieses mentale Modell bearbeitet (transformiert, rotiert, geschnitten, gefaltet,...) wird. Es wird demnach mental im Raum agiert und auf diesem Wege die Lösung erarbeitet. Im Gegensatz dazu können manche Raumvorstellungsaufgaben auch gelöst werden, indem lediglich das zweidimensionale Bild der Szene manipuliert – zumeist gedreht – wird. Es muss also kein dreidimensionales Objekt für den Lösungsvorgang mental erzeugt werden. Die Aufgabe kann daher mit deutlich weniger komplexen Überlegungen betrachtet und gelöst werden als intendiert (vgl. [19, S. 64], [6]).

Putz-Osterloh [24] und Putz-Osterloh & Lür [25] identifizieren beim IST-70 (Intelligenz-Struktur-Test) Würfelaufgaben, die alleine durch Flächenstrategie gelöst werden können und Aufgaben, welche räumliches Denken für die Lösungsfindung voraussetzen. Ähnliche Beobachtungen machte Gittler beim 3DW-Test. Einige der Würfelaufgaben der ursprünglichen Version des 3DW-Tests konnten alleine durch ebene Überlegungen (Drehen der Würfel-Abbilder) gelöst werden, wodurch die Aufgabenkomplexität deutlich reduziert wurde ([6], S. 152).

3. Objekte werden bewegt (move object) – BearbeiterIn bewegt sich (move self)

Für das dritte Strategiepaar ist der Standpunkt der Probandin/des Probanden das relevante Entscheidungskriterium. Versuchspersonen können sich bei der Lösung einer Raumvorstellungsaufgabe entweder als BetrachterIn außer der Szene mental positionieren und die einzelnen Objekte bewegen („move object“) oder können sich in die Szene versetzen und sich mental darin selbst bewegen („move self“) [1, 19]. Untersuchungen zeigen, dass spezielle Aufgabentypen die beiden möglichen verschiedenen Standpunkte der ProbandInnen als unterschiedlich effizient ausweisen. Schultz [27] zeigt, dass beim mentalen Rotationstest von Vandenberg und Kuse [32] die move-object-Strategie am effizientesten ist und dass wiederum bei räumlichen Orientierungsaufgaben die move-self-Strategie am erfolgversprechendsten ist, Versuchspersonen demnach dann die Aufgabe eher erfolgreich lösen können, wenn sie sich direkt in die Angabesituation versetzen und sich mental in der Szene selbst bewegen.

4. Verifizierende Strategie – Falsifizierende Strategie

Lüthje [18] hebt in seinem vierstufigen „Ebenenmodell zur Kategorisierung von Lösungsstrategien“ letztlich ein weiteres Strategiepaar hervor. ProbandInnen können generell bei dem Lösungsfindungsprozess verifizierend oder falsifizierend vorgehen. Verifizierend meint in diesem Zusammenhang, dass die Versuchspersonen direkt auf die richtige Lösungsmöglichkeit zusteuern und die richtige Lösung aktiv suchen. Im Gegensatz dazu können Testpersonen mit dem ausschließenden Verfahren arbeiten und somit alle falschen Lösungsmöglichkeiten identifizieren und diese Schritt für Schritt ausschließen. Diese falsifizierende Strategie soll letztlich die richtige Lösung als die letzte noch nicht ausgeschiedene Antwortmöglichkeit selektieren.

Merkmale der Strategien

Die vier Strategiepaare stehen nicht unabhängig nebeneinander. In der Literatur gibt es mannigfaltige Untersuchungen, die Querverbindungen zwischen den unterschiedlichen acht erwähnten Strategien aufzeigen. So neigen z.B. eher HolistikerInnen dazu auch räumlich zu denken

[14] bzw. Frauen verwenden häufiger analytische Lösungsprozesse, wohingegen Männer vermehrt holistische Strategien verwenden [9].

Die von Versuchspersonen verwendeten Lösungsstrategien bei Raumvorstellungsaufgaben hängen von folgenden Parametern ab (vgl. [10, 14, 28]):

1. Intrapersonelle Präferenz
2. Größe des individuellen Strategierepertoires
3. Typ der Aufgabe
4. Schwierigkeitsgrad und Komplexität der Aufgabe
5. Individuelle Vorerfahrungen bei Lösungen ähnlicher bzw. verwandter Aufgaben.

Bei Aufgaben mit hohem Schwierigkeitsgrad werden Strategien oftmals dazu verwendet, um die Komplexität der Aufgabe zu reduzieren. Vor allem bei anspruchsvollen Testaufgaben kommen „Ergänzungs-“ und „Ausweichstrategien“ zum Einsatz, die weniger hohe Anforderungen an räumlich-visuelle Qualifikationen stellen und somit oftmals eine erfolgreichere Bearbeitung ermöglichen ([19], S. 69). Ausweich- bzw. Ergänzungsstrategien können sein: schlussfolgerndes-logisches Denken, verbal-analytische Strategien, Verwendung mehrerer Strategien beim Lösen einer Aufgabe, Wechsel der Strategien innerhalb einer Teilaufgabe, Betrachten von Teilobjekten anstatt der gesamten Szene oder auch das Reduzieren der Dimension von drei auf zwei, also das Rückführen von dreidimensionalen Aufgaben in zweidimensionale.

Innerhalb eines Beispiels werden oftmals mehrerer Strategien angewandt. Umso wichtiger scheint es demnach zu sein, dass SchülerInnen ein möglichst großes Strategierepertoire zur Verfügung steht, um situationsadäquat die jeweils „optimale“ Strategie wählen zu können. Lohman ([17], S. 213) stellt dazu fest, dass Versuchspersonen bei der Lösung von Raumvorstellungsaufgaben alle ihnen zur Verfügung stehenden Strategien benutzen. Glück & Vitouch ([8], S. 325-326) formulieren, dass der Umfang des Strategierepertoires und ihre Flexibilität bei der Anpassung an die Anforderungen der jeweiligen Aufgabenstellung relevanter für Alltagsleistungen als einfache kognitive Basisprozesse sind.

Das Phänomen des Strategiewechsels innerhalb einer Aufgabe tritt eher bei komplexen als bei einfachen Aufgaben auf. Das Nachdenken über einen oder mehrere Strategiewechsel innerhalb einer Aufgabe bedingt einerseits ein möglichst großes Strategierepertoire der Versuchsperson, bedeutet aber auch, dass die Testperson sich metakognitive Prozesse aneignen muss, um auf einer übergeordneten Ebene über die Wahl der bestmöglichen Lösungsfindungsprozesse in einer bestimmten Situation reflektieren, abwägen und entscheiden zu können [14].

Resümee und Ausblick

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts wurde nach einem trennscharfen und in der Wissenschaftswelt akzeptierten faktoranalytischen Modell der Raumintelligenz gesucht. Dieses kann bis heute nicht vorgewiesen werden. Faktorenbasierte psychometrische Raumvorstellungstests wurden auf dem Hintergrund entwickelt, dass Probanden die einzelnen Aufgaben mit möglichst den gleichen Strategien lösen müssen. Die Ergebnisse von Untersuchungen zeigen auf, dass Versuchspersonen ganz im Gegensatz dazu bei der Lösung von Raumvorstellungsaufgaben eine Vielzahl unterschiedlicher Überlegungen anstellen. Mit dieser Erkenntnis rückte unter anderem die Erforschung der eingesetzten Lösungsfindungsprozesse in den Vordergrund der Betrachtungen. Seit Barratt [1] wurde eine Vielzahl von unterschiedlichen Strategien erkannt und untersucht. Die unterschiedlichen Strategien werden in diesem Beitrag gebündelt und im Modell der „vier Strategiepaare zur Lösung von Raumvorstellungsaufgaben“ systematisiert und beschrieben. Das Modell bietet im Geometrieunterricht (in unterschiedlichen Gegenständen) Orientierung und soll die Basis für eine ausgewogene Schulung von Bearbeitungsstrategien und damit eines umfassenden Strategierepertoires von geometrischen Aufgaben sein.

Das vom Unterrichtsministerium bm:ukk finanzierte, von der PH Salzburg geleitete und in Kooperation mit der Universität Salzburg, Universität Innsbruck, TU Wien, KPH Wien-Krems, PH Niederösterreich, PH Steiermark und PH Wien durchgeführte Forschungsprojekt GeodiKon (Entwicklung eines didaktischen Konzeptes für den Geometrieunterricht) widmet sich im Speziellen der Bewusstmachung von unterschiedlichen Strategien für die Lösung von Raumvorstellungsaufgaben. In den Jahren 2013 und 2014 wurden 46 Klassen mit insgesamt 896 SchülerInnen in den Bundesländern Niederösterreich, Salzburg und Steiermark mit speziellen Lernmaterialien und Informationen zu den Strategiepaaren ausgestattet. Untersucht wird die Frage, ob die Bewusstmachung und das Training von Strategien und der Faktoren der Raumvorstellung bei den SchülerInnen in der Altersgruppe 12-14 Jahre eine Verbesserung der Raumvorstellung bewirkt. Die Ergebnisse der Pretests von GeodiKon können in der vorhergegangenen Ausgabe der IBDG nachgelesen werden [20].

Weitere Untersuchungen werden sich der Frage widmen, ob die verstärkte und bewusste Arbeit mit haptischen Materialien und/oder mit neuen digitalen Medien (Tablet, Smartphone,...) dazu beitragen können, das Raumvorstellungsvermögen bei SchülerInnen effizient zu fördern.

Literatur

- [1] Barratt, B. S. (1953): An analysis of verbal reports of solving problems as an aid in defining spatial factors. In: The Journal of Psychology, 36
- [2] Carroll, J. B. (1993): Human cognitive abilities. A survey of factor-analytical studies. Cambridge University Press, New York
- [3] Copper, L. A. (1976): Individual differences in visual comparison processes. In: Perception & Psychophysics, 19(5)
- [4] Dünser, A. (2005): Trainierbarkeit der Raumvorstellung mit Augmented Reality. Universität Wien, Fakultät für Psychologie, Dissertation
- [5] French, J. W. (1951): The description of aptitude and achievement tests in terms of rotated factors. Chicago: University of Chicago Press
- [6] Gittler, G. (1984): Entwicklung und Erprobung eines neuen Testinstruments zur Messung des räumlichen Vorstellungsvermögens. In: Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 5(2)
- [7] Glück, J. (1999): Spatial strategies: Kognitive Strategien bei Raumvorstellungsleistungen [Spatial strategies – Strategy use in spatial cognition], Universität Wien
- [8] Glück, J., Vitouch, O. (2008): Psychologie, S. 325-326
- [9] Glück, J., Kaufmann, H., Dünser A., Steinbügl K. (2004): Geometrie und Raumvorstellung – Psychologische Perspektiven http://www.ims.tuwien.ac.at/publication_detail.php?ims_id=158 , 2004
- [10] Grüßing, M. (2002): Wieviel Raumvorstellung braucht man für Raumvorstellungsaufgaben? Strategien von Grundschulkindern bei der Bewältigung räumlich-geometrischer Anforderungen, ZDM, Vol. 34 (2)
- [11] Guilford, J. P. (1956): The structure of intellect. Psychological Bulletin, Vol 53(4), S. 267-293.
- [12] Hosenfeld, I., Strauss, B., & Köller, O. (1997): Geschlechtsdifferenzen bei Raumvorstellungsaufgaben - eine Frage der Strategie? In: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 11(2)
- [13] Just, M. A. & Carpenter, P. A. (1985): Cognitive Coordinate Systems: Accounts of Mental Rotation and Individual Differences in Spatial Ability. In: Psychological Review, 92
- [14] Kaufmann, H. (2008): Lösung- und Bearbeitungsstrategien bei Raumvorstellungsaufgaben. In: Raumgeometrie – intuitive und konstruktiv (CD)
- [15] Linn, M. C. & Petersen, A. C. (1985): Emergence and characterization of sex differences on spatial ability: a meta-analysis. In: Child Development, 56, 1479-1498
- [16] Lohman, D. F. (1979). Spatial abilities: A review and re-analysis of the correlational literature (Technical Report No. 8). Stanford University, Aptitude Research project, Stanford, CA.

- [17] Lohman, D. F. (1988). Spatial abilities as traits, processes, and knowledge. In R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (Vol. 40, pp. 181-248). Hillsdale, NJ: Erlbaum
- [18] Lühje, T. (2010): Das räumliche Vorstellungsvermögen von Kindern im Vorschulalter. Hildesheim: Franzbecker
- [19] Maier, H.P. (1994): Räumliches Vorstellungsvermögen: Komponenten, geschlechtsspezifische Differenzen, Relevanz, Entwicklung und Realisierung in der Realschule. Europäische Hochschulschriften: Reihe 6, Psychologie, Band 493
- [20] Maresch, G., & Svecnik, E. (2014): Strategien und geschlechtsspezifische Effekte beim Raumvorstellungsvermögen? Erste Befunde aus den Pretests des Forschungsprojektes GeodiKon vom September/Okttober 2013. In: IBDG, Innsbruck
- [21] Maresch, G. (2014): Spatial Ability – The Phases of Spatial Ability Research. In: Journal for Geometry and Graphics; Volume 17 (2013), No. 2, S. 237-250
- [22] Maresch, G. (2013): Raumintelligenz - Die Phasen der Raumintelligenzforschung. In: IBDG, Innsbruck
- [23] McGee, M. G. (1979): Human spatial abilities: psychometric studies and environmental, genetic, hormonal and neurological influences. In: Psychological Bulletin, 86(5), 889-918
- [24] Putz-Osterloh, W. (1977): Über Problemlöseprozesse bei dem Test Würfelaufgaben aus dem Intelligenztest IST und IST-70 von Amthauer. In: Diagnostica, 23
- [25] Putz-Osterloh, W., & Lüer, G. (1979): Wann produzieren Probanden räumliche Vorstellungen beim Lösen von Raumvorstellungsaufgaben? In: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie, 26(1)
- [26] Rost, D. H. (1977): Raumvorstellung. Psychologische und pädagogische Aspekte, Beltz, Weinheim
- [27] Schultz, K. (1991): The contribution of solution strategy to spatial performance. In: Canadian Journal of Psychology 45
- [28] Souvignier, E. (2000): Förderung räumlicher Fähigkeiten - Trainingsstudien mit lernbeeinträchtigten Schülern, Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Band 22
- [29] Spearman, C. (1904): General Intelligence, objectively determined and measured. American Journal of Psychology, 15, 201-293
- [30] Thurstone, L.L. (1938): primary mental abilities, Chicago, Illinois, The University of Chicago Press
- [31] Thurstone, L. L. (1950). Some primary abilities in visual thinking. Psychometric Laboratory Research Report No. 59. University of Chicago Press, Chicago
- [32] Vandenberg, S. G. & Kuse, A. R. (1978): Mental Rotations, A Group Test of Three-Dimensional Spatial Visualization. Perceptual and Motor Skills, 47, S. 599-604