

# Wieviel Raumvorstellung braucht man für Raumvorstellungsaufgaben? Strategien von Grundschulkindern bei der Bewältigung räumlich-geometrischer Anforderungen

Meike Grüßing, Oldenburg (Germany)

**Abstract:** *Children's spatial problem solving strategies.* Numerous factor analytic studies have documented the multifaceted nature of spatial ability. The underlying tests are based on the assumption that subjects apply homogeneous strategies. However, recent studies suggest that different individuals make use of different strategies for solving the same items. The study presented here tries to analyse the actual problem-solving processes of 9-10 year-old children solving spatial tasks in individual interviews. The results confirm that children use different solution strategies for spatial problems. As described in various studies with adult subjects holistic and analytical strategies could be identified. In particular the high-achievement students are able to use analytic strategies and logical reasoning efficiently also in more complex tasks.

**Kurzreferat:** Räumliche Fähigkeiten werden in der klassischen faktorenanalytisch-psychometrischen Forschung über Tests operationalisiert, die implizit eine Strategiehomogenität voraussetzen. Verschiedene Arbeiten aus der strategischen Forschungsperspektive können jedoch belegen, dass Personen verschiedene Strategien zur Lösung von Raumvorstellungsaufgaben verwenden. Die vorliegende Studie versucht, mit Hilfe von Einzelinterviews, angelehnt an die Methode des Lauten Denkens, das tatsächliche Vorgehen von Kindern im 4. Schuljahr bei räumlich-geometrischen Aufgabenstellungen zu verstehen und zu beschreiben. Tatsächlich zeigen die Kinder bei der Bearbeitung gleicher Aufgabentypen unterschiedliche Strategien. Wie in der Literatur häufig für Erwachsene beschrieben, lassen sich holistische von analytischen Strategien unterscheiden. Insbesondere die leistungsstärkeren Probanden setzen bei komplexeren Aufgabenstellungen sehr effizient analytische Strategien und logisch-schlussfolgerndes Denken ein.

**ZDM-Classification:** C32, C42, D52, G22

## 1. Forschungsansätze zu räumlichen Fähigkeiten

Räumliches Vorstellungsvermögen wird im klassischen Sinne beschrieben als die Fähigkeit, in der Vorstellung räumlich zu sehen und zu denken. Diese Fähigkeit umfasst den aktiven Umgang mit im Gedächtnis gespeicherten Vorstellungsbildern, ihre Umordnung und die Entwicklung von neuen Bildern in der Vorstellung (vgl. Maier 1999). Eine solche Definition wird operationalisiert über Tests zum räumlichen Vorstellungsvermögen und liegt daher vor allem Arbeiten zu Grunde, die räumliches Vorstellungsvermögen als individuelle Fähigkeit betrachten, die mit psychometrischen Tests erfassbar ist (Quaiser-Pohl 2001).

Räumliche Fähigkeiten als Voraussetzung für die Bewältigung von räumlich-geometrischen Anforderungen werden jedoch unter verschiedenen Forschungsperspektiven betrachtet. Lohaus, Schumann-Hengsteler und

Kessler (1999) unterscheiden vor allem zwei grundlegende Forschungstraditionen: einen eigenschafts- und einen informationsverarbeitungsorientierten Zugang.

Ein Interesse an der Identifikation von Eigenschaften von Personen hinsichtlich ihrer räumlichen Fähigkeiten zeigen neben Arbeiten aus der differentiellen Perspektive, die sich mit interindividuellen Unterschieden zwischen Personengruppen beschäftigen, vor allem Arbeiten aus der psychometrischen Perspektive. Hier steht die Messung räumlicher Fähigkeiten durch psychometrische Tests im Vordergrund. Korrelative Zusammenhänge von Leistungen in unterschiedlichen Tests dienen zur Identifizierung grundlegender Dimensionen räumlicher Fähigkeiten.

Maßgebliche definitorische Bedeutung kam der 3-Faktoren-Hypothese nach Thurstone (1938) zu. Die von ihm herausgestellten drei Subfaktoren *Veranschaulichung* (Visualization), *Räumliche Beziehungen* (Spatial relations) und *Räumliche Orientierung* (Spatial Orientation) liefern eine sinnvolle Strukturierung des Konstrukts Räumliches Vorstellungsvermögen, die bis heute Relevanz besitzt. Eine herausragende Bedeutung hat auch die vielzitierte Metaanalyse von Linn und Petersen (1985) mit den drei Kategorien *Räumliche Wahrnehmung* (Spatial perception), *Vorstellungsfähigkeit von Rotationen* (Mental Rotation) und *Veranschaulichung* (Spatial Visualization).

Der hier vorgestellten Studie liegt ein Modell von fünf Teilbereichen räumlicher Fähigkeiten zu Grunde, das die drei Faktoren von Thurstone um die Bereiche Räumliche Wahrnehmung und Vorstellungsfähigkeit von Rotationen aus dem Kategoriensystem nach Linn und Petersen ergänzt (vgl. Maier 1999; siehe auch Hellmich & Hartmann, in diesem Band).

Verschiedene Studien zeigen jedoch, dass Aufgaben mit räumlich-geometrischen Anforderungen auf ganz unterschiedliche Art und Weise gelöst werden. Daher stellt der informationsverarbeitungstheoretische Ansatz eine notwendige Ergänzung zum eigenschaftsorientierten Zugang dar. In diesem Ansatz, dem auch die vorliegende Studie zuzuordnen ist, stehen vor allem die Denkprozesse beim Lösen von räumlich-geometrischen Aufgabenstellungen und ihre Bestandteile, insbesondere die verwendeten Strategien, im Zentrum des Interesses.

### 1.1 Die strategische Perspektive in der Raumvorstellungsforschung

Die klassische faktorenanalytisch-psychometrische Forschungsperspektive setzt implizit voraus, dass Raumvorstellungsaufgaben von allen Probanden mit derselben Lösungsstrategie gelöst werden. Leistungsunterschiede sind dann damit zu erklären, dass diese Strategie besser oder schlechter angewandt werden kann.

In frühen Phasen der psychometrischen Intelligenzmessung wurden Strategieunterschiede bei der Bearbeitung von Testaufgaben als Problem angesehen. Sie gefährdeten die Faktorreinheit des Konstruktes. Die Bemühungen bei der Konstruktion von Raumvorstellungstests zielten daher auf Testaufgaben ab, die mit homogenen Strategien zu bearbeiten waren. Dennoch beschäftigen sich seit längerer Zeit verschiedenste Studien mit unterschiedlichen Strategien bei der Bearbeitung von Testaufgaben zur

### Raumvorstellung.

Barrat (1953) untersuchte Lösungsstrategien bei Raumvorstellungsaufgaben mit dem Ziel der Konstruktvalidierung von Tests zur Raumvorstellung. Bei Aufgaben zur mentalen Rotation unterscheidet er zwischen einem *part approach* und einem *whole approach*. Während ein Proband bei der Vorgehensweise des *part approach* einzelne Details der Vorlagen vergleicht und dann beurteilt, ob Vorlage und Vergleichsreiz identisch sind, werden beim *whole approach* die Objekte im Ganzen verglichen. Als weiteren Unterschied in den Lösungsstrategien stellt er heraus, dass ein Teil der Probanden die zu betrachtenden Objekte mit einem konkreten bekannten Objekt in Verbindung bringt, während der andere Teil mit abstrakten Vorstellungen operiert.

Bei Aufgaben zur räumlichen Orientierung unterscheidet er die Vorgehensweise, mental seine eigene räumliche Lage zu verändern, von der Strategie, selbst eine feste Bezugsposition beizubehalten und die Reizvorlage zu bewegen.

Auch in weiteren Arbeiten wird zwischen einer *holistischen* Vorgehensweise, die Barrats *whole approach* entspricht, und einer *analytischen* Vorgehensweise, vergleichbar mit dem *part approach* bei Barrat, unterschieden. Cooper (1976) bestätigt diese Unterteilung und auch aktuellere Arbeiten verwenden die Unterscheidung von holistischen und analytischen Strategien (z.B. Hosenfeld, Strauß und Köller 1997). Vergleichbar hierzu sind auch Arbeiten von Schultz (1991) und Just und Carpenter (1985). Sie nehmen darüber hinaus eine weitere Ausdifferenzierung der holistischen Strategien vor.

Zunächst scheint die Anwendung holistischer Strategien mit besseren Testleistungen verknüpft zu sein. Bei komplexen Aufgabenstellungen stellt sich jedoch die Frage, wann die ganzheitliche Erfassung an ihre Grenzen stößt, so dass analytische Strategien interessant werden. Tatsächlich wird mit zunehmender Aufgabenschwierigkeit von holistischen zu eher analytischen Strategien gewechselt. Linn und Petersen beschreiben in diesem Zusammenhang, dass Aufgaben zum Bereich Veranschaulichung besonders effizient mit Hilfe analytischer Prozesse bearbeitet werden können. Barratt (1953) beobachtet bei komplexen Aufgaben eine größere Variation in den Lösungsstrategien als bei einfacheren.

Putz-Osterloh (1977) sowie Putz-Osterloh und Lürer (1979) unterscheiden bei Würfelaufgaben des IST bzw. IST-70 zwischen Aufgaben, die nur mit einer Raumstrategie, z.B. durch Rotationen, gelöst werden können, und Aufgaben, bei denen eine Lösung auch durch den Vergleich von Flächen oder Beziehungen zwischen Flächen möglich ist. Dabei entspricht die Raumstrategie einer holistischen und die Flächen- und die Relationsstrategie analytischen Strategien. Besonders bei der Relationsstrategie wird das logisch-schlussfolgernde Denken stark beansprucht, da hier mangelnde räumlich-visuelle Qualifikationen durch eine erhöhte Fähigkeit im schlussfolgernden Denken kompensiert werden müssen. Damit stellt sich an dieser Stelle die Frage, ob die holistische Strategie dem Gegenstand der Raumvorstellung besser entspricht als ein kleinschrittiges analytisches Vorgehen. Versteht man unter Raumvorstellung ausschließlich die Verwendung einer holistischen Strategie, so sind nur die

„Raumwürfel“ geeignet, Raumvorstellung zu messen.

Während Putz-Osterloh (1977) davon ausgeht, dass die Lösungsstrategie von bestimmten Charakteristika der jeweiligen Aufgabe abhängig ist, interpretieren Köller, Rost & Köller (1994) ähnlich wie Schultz (1991) die Unterschiede als Personeneigenschaft. Sie identifizieren individuelle Stile im Umgang mit Raumvorstellungsaufgaben und zeigen in ihrer Untersuchung, dass sich persönliche Bearbeitungsstrategien auch bei gleichen Aufgabenstellungen unterscheiden lassen.

Kyllonen, Lohman und Woltz (1984) sowie Lohman (1988) gehen dagegen nicht von einem intraindividuell stabilen Strategieeinsatz aus. Insbesondere Probanden mit hohen räumlichen Fähigkeiten können mit ihren Strategien flexibel auf die Anforderungen reagieren. Im Hinblick auf eine Definition von räumlichen Fähigkeiten fasst Lohman (1988) dies wie folgt zusammen:

„Thus, the finding that subjects who do well on complex spatial tasks often change their strategies as items become more difficult may mean in some sense, spatial ability means having an extensive and differentiated store of procedural knowledge. Such a description corresponds well with the general characterization of expertise in other domains“ (Lohman 1988, S. 213).

Er stellt fest, dass Probanden in Problemlösesituationen alle ihnen zur Verfügung stehenden Strategien benutzen. Neben räumlich-visuellen werden auch verbal-analytische Strategien verwendet. Dabei spielt bei den analytischen Strategien das schlussfolgernde Denken und die Sprache eine große Rolle. Raumvorstellungsaufgaben können zu Beweisführungsaufgaben werden.

Damit taucht in der Literatur der Begriff „analytische Strategie“ in zwei Zusammenhängen auf: einerseits in Abgrenzung zu holistischen Strategien und andererseits – im Sinne von verbal-analytisch – in Abgrenzung zu räumlich-visuellen Strategien. Im Rahmen von enger an kognitive Prozesse angelehnte Betrachtungen wird darüber hinaus eine verbale Codierung in Abgrenzung zu einem räumlich-visuellen Code beschrieben. Diese Kategorisierungen sind nicht beliebig austauschbar. Eine visuell-räumliche Codierung kann sowohl holistisch als auch analytisch erfolgen, indem zunächst einzelne Merkmale räumlich-visuell betrachtet werden, um dann mit Hilfe von logischen Schlussfolgerungen zu einer richtigen Lösung zu gelangen. Damit unterscheidet sie sich von einer holistischen Strategie, die ausschließlich durch räumlich-visuelle Mittel zu einer Lösung führt. In diesem Sinne soll auch in der im Folgenden vorgestellten Untersuchung der Begriff „analytische Strategie“ verstanden werden, nämlich in Abgrenzung zu einer Strategie, die hauptsächlich holistisch auf räumlich-visuelle Methoden zurückgreift.

## 2. Strategien von Grundschulkindern bei der Bearbeitung von räumlich-geometrischen Aufgabenstellungen

### 2.1 Untersuchungsziele

Die im Folgenden dargestellte Untersuchung ist eingebettet in das in zwei Oldenburger Grundschulen durchgeführte Projekt „Raumvorstellungsvermögen und Geometrielernen in der Primarstufe“.

Im Rahmen dieses Projektes, das sich mit Aspekten ei-

nes Transfers eines räumlich-geometrischen Trainings auf die Geometrieleistung in der Grundschule beschäftigt, nahmen 61 Kinder aus zwei dritten Klassen und einer vierten Klasse an einem Vortest und einem Nachtest zu geometrischen Inhalten und zum räumlichen Vorstellungsvermögen teil. Um die Stabilität des Trainingseffektes zu überprüfen, wurde der Nachtest nach einem halben Jahr wiederholt.

Diese Tests, insbesondere die Bearbeitung durch die Schülerinnen und Schüler im 3. bzw. 4. Schuljahr, sind Gegenstand der hier vorgestellten Studie.

Beide Tests wurden innerhalb der Arbeitsgruppe für den Einsatz in dieser Altersgruppe entwickelt. Die Konstruktion der Testitems erfolgte dabei in Anlehnung an klassische Tests zur Raumvorstellung und durch Verwendung analoger Aufgaben zur Unterrichtseinheit, die im Rahmen des Projektes in den jeweiligen Klassen durchgeführt wurde. Aufgrund der altersmäßig ähnlichen Zielgruppe sind einige Items an Tests orientiert, die in der Arbeitsgruppe von H. Meissner (Münster) für das Projekt „Wir bauen ein Dorf“ entworfen und uns zur Verfügung gestellt wurden. Andere lassen sich z.B. bei Tonn (1991) wiederfinden.

Bei der Zusammenstellung der Items lag ein besonderes Interesse darauf, dass alle Bereiche der Raumvorstellung nach dem der Studie zu Grunde liegenden Modell nach Thurstone (1938) sowie Linn und Petersen (1985) repräsentiert sind. Diese Einordnung lässt sich jedoch nicht durch eine mit den erhobenen Daten durchgeführte Faktorenanalyse empirisch stützen. Bei den teilnehmenden Kindern lassen sich keine klaren Faktoren isolieren. Möglicherweise wird die Bearbeitung der Testaufgaben durch andere Faktoren beeinflusst, so dass die Zuordnung zu den Bereichen überdeckt wird.

So bleibt nach der quantitativen Auswertung der Tests (Hartmann 2000, Grüßing und Hellmich 2001) eine Reihe von offenen Forschungsfragen:

- Wie gehen die Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung der Testaufgaben wirklich vor? Welche unterschiedlichen Strategien gibt es?
- Lassen sich verschiedene Typen unterscheiden?
- Gibt es Aufgabenmerkmale, die die Wahl der Strategie beeinflussen?
- Gibt es Unterschiede in den Strategien zwischen Kindern mit einem insgesamt guten Testergebnis und denen mit einem schlechteren Ergebnis?

Mit diesen Fragen soll sich die hier vorgestellte Studie beschäftigen. Hier soll versucht werden, mit Hilfe von Einzelinterviews das tatsächliche strategische Vorgehen der Kinder aus der Binnenperspektive der Handelnden heraus zu verstehen.

Aus dem Vergleich von Kindern mit einem insgesamt guten Ergebnis und Kindern mit einem schlechteren Ergebnis lassen sich Anhaltspunkte dafür gewinnen, welche Abschnitte im Lösungsprozess für den Erfolg wichtig sind. Hier ist von besonderem Interesse, an welchen Aufgaben und insbesondere an welchen Teilanforderungen die weniger Erfolgreichen scheitern. Darüber hinaus lässt sich beobachten, welche Strategien angewendet werden und welche Strategien effizient zum Erfolg führen.

Bezogen auf die Testitems stellt sich die Frage, was die unterschiedliche Schwierigkeit der Testitems ausmacht

und ob vielleicht ganz unterschiedliche Strategien in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung mit unterschiedlicher Effizienz genutzt werden können. Daher soll hier die Struktur der Testitems mit dem Lösungsverhalten der erfolgreichen und der weniger erfolgreichen Probanden miteinander in Beziehung gesetzt werden.

Ausgangspunkt ist eine theoretische Analyse der Aufgaben. Insbesondere erfolgt eine Klassifikation nach den oben genannten Bereichen der Raumvorstellung. Ziel ist es hierbei, systematische Unterschiede im Lösungsverhalten von erfolgreichen und weniger erfolgreichen Probanden herauszustellen. Diese können dann erste Hinweise zur Beschreibung von effizienten Strategien liefern und darüber hinaus dazu beitragen, die kognitiven Leistungen, die dieser Test misst, zu definieren.

## 2.2 Das Untersuchungsverfahren

Als Methode zur Untersuchung dieser Fragestellungen erschien die Methode des Lauten Denkens als besonders geeignet. Schülerinnen und Schüler wurden in Einzelinterviews aufgefordert, alle Gedanken während der Bearbeitung der Testaufgaben auszusprechen. Auf diese Weise ist es möglich, ein Bild des tatsächlichen Lösungsprozesses mit allen angewandten, weitergeführten und wieder verworfenen Strategien zu bekommen. Werden Denkvorgänge erst im Anschluss an den Lösungsprozess reflektiert und beschrieben, besteht die Gefahr, dass das tatsächliche Vorgehen verkürzt dargestellt wird, dafür aber Rechtfertigungen der gefundenen Lösung und nachträgliche Überlegungen zum Lösungsprozess mit in die Beschreibung eingehen.

Eine nachträgliche Beschreibung des Vorgehens konnte in diesem Fall nicht vollständig vermieden werden, da die Kinder die Aufgaben bereits kannten. Durch die Auswahl von recht komplexen Aufgaben konnte dieses Problem allerdings vermindert werden. Die Probanden konnten sich damit nicht nur auf ihr Erinnerungsvermögen stützen, sondern mussten sich auf einen neuen Bearbeitungsprozess einlassen.

Die Methode des Lauten Denkens stößt allerdings gerade auch beim Umgang mit visuell-räumlichem Material an ihre Grenzen. Weidle und Wagner (1982) beschreiben neben der Problematik der begrenzten Kapazität – es kann unter Umständen nicht alles ausgesprochen werden, was gedacht wird – insbesondere das Problem, dass beispielsweise Bilder zunächst in einem zusätzlichen Prozess in Sprache ausgedrückt werden müssen. Weiterhin liegen Hinweise vor, dass das Laute Denken Problemlöseprozesse beeinflussen kann.

Darüber hinaus ist anzunehmen, dass es gerade bei Kindern im 3./4. Schuljahr große interindividuelle Unterschiede in der Fähigkeit gibt, sich der eigenen kognitiven Prozesse bewusst zu werden und sie in Sprache zu fassen. Teilweise lassen sich diese Probleme umgehen, indem im Anschluss an das Laute Denken gezielt nachgefragt wird. Im Idealfall sollten die Kinder jedoch nur durch den einleitenden Impuls zum Lauten Denken angeregt werden.

Trotz dieser Schwierigkeiten erscheint diese Methode jedoch als geeignet, um Erkenntnisse über das Vorgehen der Kinder bei räumlich-geometrischen Aufgabenstellungen zu gewinnen.

Grundlage für die Auswertung waren Videoaufnah-

men, die vollständig transkribiert wurden. Die Auswertung erfolgte dann nach einem im weiteren Sinne inhaltsanalytischen Ansatz auf Grundlage eines spezifischen Kategoriensystems. Dieses wurde zum Einen auf der Grundlage von theoretischen Vorstellungen und von empirischen Ergebnissen zu den Lösungsprozessen ähnlicher Aufgaben und zum Anderen auch induktiv nach der Durchsicht der Protokolle erarbeitet.

### 2.3 Die Auswahl der Probanden

Als mögliche Probanden standen 61 Kinder zur Verfügung, die im Rahmen des Projektes bereits am Vortest, an einer Unterrichtseinheit zur räumlichen Geometrie und an beiden Nachtests teilgenommen hatten.

Jeweils getrennt für jeden der einzelnen Tests wurden die Kinder nach ihren Testergebnissen in drei gleich große Leistungsgruppen unterteilt. Als Probanden für die qualitative Studie wurden dann 12 Kinder nach folgenden Kriterien ausgewählt:

Die Kinder sollten in allen drei Tests möglichst stabile Testergebnisse aufweisen, also möglichst in allen drei Tests im gleichen Drittel liegen. Bei diesen Kindern ist dann auch zu vermuten, dass sie über stabile Bearbeitungsstrategien verfügen. Um Aussagen darüber machen zu können, worin sich erfolgreiche von erfolglosen Probanden in Abhängigkeit von den Anforderungsmerkmalen unterscheiden, wurden jeweils zur Hälfte Kinder aus dem oberen und unteren Leistungsdrittel ausgewählt. Außerdem sollten je zur Hälfte Mädchen und Jungen berücksichtigt werden.

Wegen des möglichen Einflusses des Geometrieunterrichtes auf die Bearbeitungsstrategien wurde als zusätzliches Kriterium die gleichmäßige Verteilung auf die verschiedenen Klassen einbezogen.

Tatsächlich konnten schließlich die Interviews von 11 Kindern in die Auswertung eingehen.

Tab.1: Zuordnung der teilnehmenden Kinder<sup>1</sup>

Unteres Leistungsdrittel		Oberes Leistungsdrittel	
Britta	Ina	Anna	Gesa
Christine	Kevin	Daniel	Heike
Felix		Eike	Jan

### 2.4 Auswahl der Testitems

Grundlage für die Zusammenstellung der Testitems waren die Tests zu räumlichen Fähigkeiten, die im Projekt „Raumvorstellungsvermögen und Geometrielernen in der Grundschule“ eingesetzt wurden. Ein Kriterium bei der Auswahl war, dass möglichst Items zu allen Bereichen der Raumvorstellung mit Ausnahme der „Räumlichen Wahrnehmung“, die auch in den vorangegangenen Tests nicht isoliert getestet wurde, einbezogen werden sollten.

Für die Methode des Lauten Denkens erscheinen besonders die Items mittlerer Schwierigkeit als geeignet. Bei zu einfachen Aufgaben, die mit Hilfe von schnell verfügbaren Lösungsprozessen in sehr wenigen Schritten zu bearbeiten sind, besteht kaum Gelegenheit und Anstoß, die Gedanken zu verbalisieren.

Die Reihenfolge der Testitems wurde so festgelegt, dass möglichst keine zwei Items mit einer ähnlichen Struktur aufeinander folgten. Damit sollte verhindert

werden, dass die Kinder sich durch die Bearbeitung der vorherigen Aufgabe schon auf eine Strategie festlegen.

## 2.5 Analyse ausgewählter Testitems

### 2.5.1 „Richtiger Bastelbogen?“

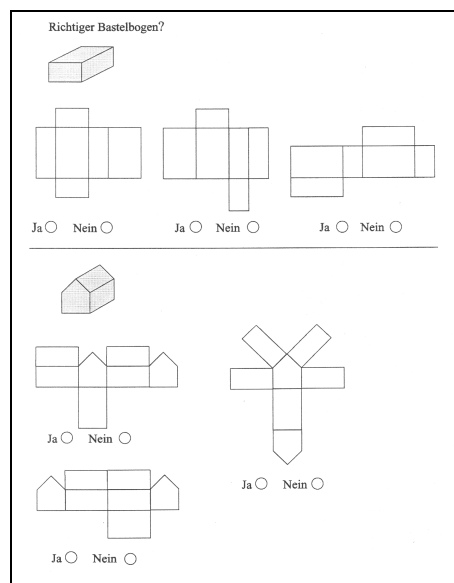


Abb.1: „Richtiger Bastelbogen?“

Dieses Testitem bezieht sich auf den Geometrieunterricht zum Thema „Netze“, an dem alle Schülerinnen und Schüler teilgenommen haben. Die Kinder sind daher in jedem Fall mit Quaternetzen vertraut. Die Bearbeitung der zweiten Teilaufgabe erfordert allerdings eigenständige Überlegungen.

Um diese Aufgabe insgesamt erfolgreich zu lösen, werden vermutlich vor allem Fähigkeiten im Bereich der Visualisierung gefordert. Durch die Vorstellung von räumlichen Bewegungen, in diesem Fall durch das Zusammenfalten der Netze, können die Kinder entscheiden, ob es sich um einen „richtigen“ oder „falschen“ Bastelbogen handelt. Gerade bei der Identifizierung von falschen Bastelbögen kann jedoch auch ein analytisches Vorgehen hilfreich sein.

### 2.5.2 „Schiff“

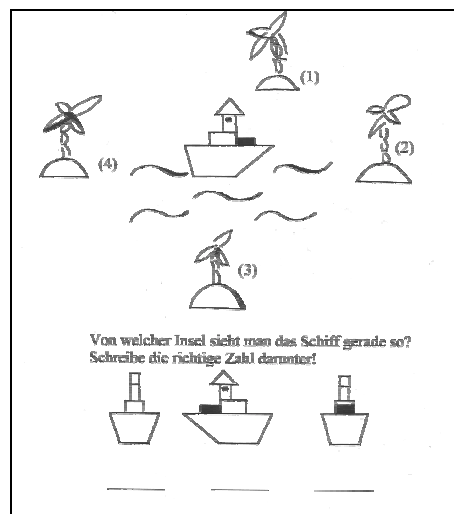


Abb.2: „Schiff“

<sup>1</sup> Namen geändert

Diese Aufgabe lässt sich dem Bereich Räumliche Orientierung zuordnen. Die Probanden sollen sich mental in die Aufgabe hineinversetzen und das Schiff aus der Perspektive der verschiedenen Inseln betrachten. Es ist jedoch auch möglich, das Schiff mit Hilfe Räumlicher Beziehungen oder Mentaler Rotation zu betrachten.

Genaue Vorstellungen, z.B. von dem Prisma als „Dach“, sind für die Lösung der Aufgabe allerdings nicht unbedingt erforderlich.

Eine Schwierigkeit der Aufgabe liegt möglicherweise darin, dass das Schiff von der Insel im Vordergrund nicht von vorne, sondern von der Seite gesehen wird.

Die Unterscheidung zwischen der Perspektive von den Inseln (2) und (4) wird durch den schwarzen Quader erleichtert. Hier ist sogar ansatzweise ein analytisches Vorgehen möglich. Im Gegensatz dazu ist für die Unterscheidung zwischen den Perspektiven der Inseln (1) und (3) eine Rechts-Links-Unterscheidung notwendig.

### 2.5.3 „Von welcher Seite?“

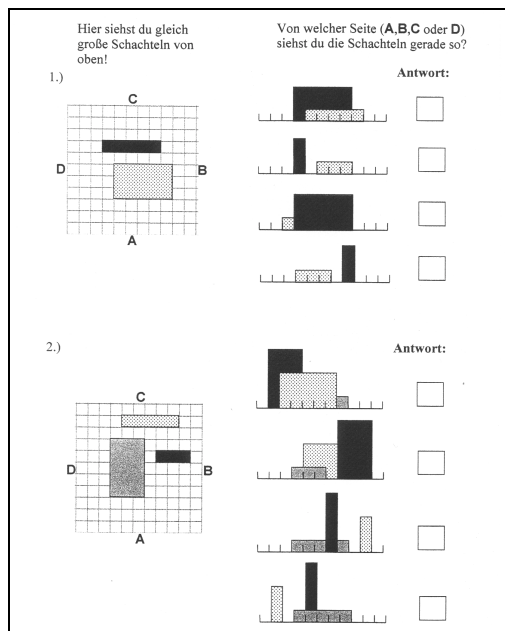


Abb. 3: „Von welcher Seite?“

Auch dieses Item ist dem Bereich Räumliche Orientierung zuzuordnen. Es stellt daher ähnliche Anforderungen wie das vorige Item. Allerdings spielen auch Fähigkeiten zu Räumlichen Beziehungen eine Rolle.

Weiter stellt sich bei dieser Aufgabe die Frage, ob sich die Kinder tatsächlich in die Situation hineinversetzen, obwohl diese keine so reale Situation ist wie bei anderen Aufgaben zur Räumlichen Orientierung.

Gewisse Ähnlichkeit besteht bei dieser Aufgabe zum „Drei-Berge-Versuch“ von Piaget & Inhelder. (vgl. Piaget & Inhelder 1971, S. 251) Demnach müssten die Probanden mit der Entwicklung der projektiven Geometrie ab dem 7. Lebensjahr in der Lage sein, sich von ihrer eigenen Perspektive zu lösen und in der Vorstellung andere Beobachtungsstandpunkte einzunehmen.

Diese Aufgabe erfordert im Vergleich mit dem „Drei-Berge-Versuch“ jedoch einen weiteren Denkschritt. Während Piaget & Inhelder mit einem Modell aus Pappmaché gearbeitet haben, ist es in dieser Aufgabe zunächst erforderlich, sich mit Hilfe der Ansichten Quader vorzustellen.

### 2.5.4 „Dieselbe Schachtel?“

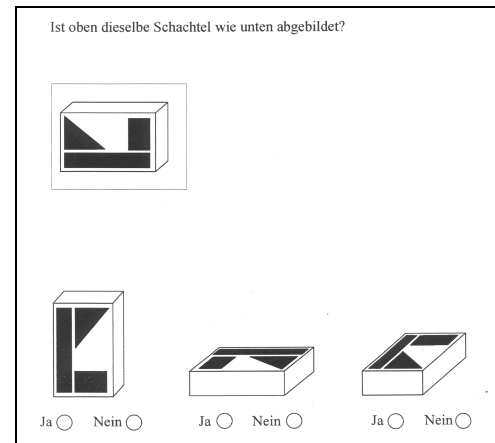


Abb. 4: „Dieselbe Schachtel?“

Um entscheiden zu können, ob es sich hier jeweils um dieselbe Schachtel handelt, ist die Fähigkeit der Mentalen Rotation erforderlich. Dabei kann sowohl die angebotene als auch die Vergleichsschachtel mental rotiert werden.

Möglich ist hier auch eine Mentale Rotation im zweidimensionalen Bereich, da nur die Seite der Schachtel gedreht werden muss, die das Muster enthält.

Weiterhin ist ein eher analytisches Vorgehen vorstellbar, bei der nur die einzelnen Figuren des Musters und ihre Relationen zueinander betrachtet werden.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Lösungsstrategien zu den einzelnen Aufgaben

#### 3.1.1 „Richtiger Bastelbogen?“

Diese Aufgabe wird von fast allen Probanden gelöst. Die Kinder nutzen die Vorstellung von räumlichen Bewegungen, indem sie die Netze in der Vorstellung zusammenfalten. Häufig vollziehen sie dabei die Bewegungen mit den Händen nach oder stellen sogar mit den Handflächen die Seiten dar.

Bei der Nutzung der Fähigkeit zur Veranschaulichung unterscheiden sich die einzelnen Probanden nur in wenigen Punkten. Die meisten entscheiden sich für eine Seite im Netz, an die möglichst viele andere Seiten angrenzen, benutzen diese als Grundfläche und klappen die anderen Seiten nach oben: „Als Erstes gucke ich, was ich hier am besten knicken kann. Würde ich die Seite nach da und die beiden Seiten nach oben und dann die“ (Christine). Im Gegensatz dazu klappt Britta die Seiten nach unten: „Dann würde ich die Seite halt nach unten klappen. [...] dann kann man diese Seite und diese Seiten einklappen.“

Anna zeigt eine andere Strategie im Bereich der Veranschaulichung, die eng an die im Juli durchgeführte Unterrichtseinheit gebunden ist: „Also hier muss man, wir haben das immer Abklappen genannt; mit so 'ner Kiste musste man dann immer eine Seite nehmen und dann so dadrummalen [...]. Ich denk mir dann immer so 'n Quader, den ich da hinlege, und dann klappe ich die anderen Seiten dadrum.“ Auf diese Weise vergleicht sie schon während des Faltens in der Vorstellung mit dem Quader.

Einige Kinder benutzen zusätzlich zur räumlich-visuellen Strategie eine eher analytische Strategie. Deutlich

wird dies vor allem bei der Identifizierung von „falschen“ Bastelbögen. Nach der Feststellung *„Das sieht irgendwie komisch aus. Das geht nicht.“* wechselt die Vorgehensweise: *„Weil, irgendwie kann das ja nicht stimmen. Hier ist z.B. kein so'n schmales Teil dazwischen.“*

Daniel kombiniert die Strategie der Veranschaulichung in noch stärkerem Maße mit analytischen Strategien. Er argumentiert: *„Weil zwei Seitenteile sind neben einem Vorderteil, und ganz hinten ist noch ein Vorderteil. Und die passen dann ja so zusammen.“*

Lediglich Felix gelingt es nicht, durch Veranschaulichung den Zusammenhang zwischen dem Netz und dem abgebildeten Quader herzustellen. Er vergleicht sequentiell die einzelnen Seiten miteinander.

### 3.1.2 „Schiff“

Diese Aufgabe wird von fast allen Probanden zumindest teilweise richtig gelöst. Dabei greifen alle hauptsächlich auf räumlich-visuelle Fähigkeiten zurück. Bei der Beurteilung, ob das Schiff „von vorne“ oder „von hinten“ gesehen wird, bietet die Anlage der Aufgabe es an, analytisch nur das Vorhandensein des schwarzen Quaders zu betrachten.

Auch werden die Ansichten von Insel 1 und Insel 3 im Zusammenhang betrachtet. *„Und das zweite Schiff ist genau spiegelverkehrt wie das Schiff, und die Insel ist ja genau vor einem, dann sieht man das Schiff ja jetzt von Insel 3, aber da sieht man es von Insel 1, weil es ist ja nur spiegelverkehrt“* (Anna). Statt „spiegelverkehrt“ werden von den Probanden auch Umschreibungen wie „verkehrtrum“ oder *„...und die Spitze ist ja von da gesehen nach rechts und nicht nach links“* verwendet. Ina gelingt diese Rechts-Links-Unterscheidung nicht. Sie sieht keinen Unterschied und entscheidet sich daher für beides: Insel 1 und Insel 3.

Einige Probanden greifen zunächst die Aufgabenstellung auf und gehen mit einer Strategie der Räumlichen Orientierung an die Aufgabe heran: *„Hier, da denk ich mich immer so'n bisschen da rein und guck ich, wenn ich mich jetzt z.B. auf so 'ne Insel stellen würde, wie ich, wie man das Schiff gerade so sieht“* (Eike).

Möglicherweise kann auch die Wahl der Bezeichnungen „von vorne“, „von hinten“ oder „von links“ ein Hinweis auf die verwendete Strategie sein. Christine verwendet diese Bezeichnungen mit dem Bezugssystem des Betrachters. „Von links“ bedeutet für sie: von der vom Betrachter aus gesehen linken Insel. Britta und Daniel wählen dagegen als Bezugssystem das Schiff: *„Beim zweiten Bild ... sieht man das Schiff, glaube ich, von links, von der linken Seite“* (Daniel). *„Wenn man jetzt von vorn gucken würde, also von Insel 2, da sieht das nicht gerade so aus“* (Britta).

Gerade bei Daniel wird dabei deutlich, dass er zunächst die räumlichen Beziehungen klärt und sich erst im zweiten Schritt Gedanken darüber macht, aus welcher Perspektive er das Schiff von dieser Seite sehen könnte.

Insgesamt bleibt bei dieser Aufgabe nur zu vermuten, dass sich die wenigsten Probanden ein ganzheitliches Bild von dem Schiff machen. Stattdessen betrachten sie nur die für die Lösung der Aufgabe entscheidenden Merkmale. Lediglich bei Heike wird deutlich, dass sie sich auch über die weniger wichtigen, dafür aber etwas

schwieriger zu beurteilenden Merkmale – z.B. die Ansichten des Prismas – Gedanken macht: *„Weil, da sieht man das so. Weil das auch da dieser kleine da ist, das ist das Dreieck von der Seite gesehen.“*

### 3.1.3 „Von welcher Seite?“

Einige Probanden bringen diese Aufgabe aufgrund der ähnlichen Aufgabenstellung sofort mit der Aufgabe „Schiff“ in Verbindung. Die angewandten Lösungsstrategien dieser Probanden zeigen dann allerdings durchaus Unterschiede zu denen, die bei der Aufgabe „Schiff“ zum Erfolg geführt haben. Der Grund dafür könnte darin liegen, dass die Kinder dort mit vom Bezugssystem Schiff aus gesehenen Vorstellungen von „von vorne“, „von hinten“ oder „von der linken Seite“ arbeiten konnten. Mit diesen Vorstellungen, z.B. „Ein Schiff von der Seite“ war es dann möglich, die entsprechenden Inseln zuzuordnen, je nachdem, ob sie sich vor, hinter oder neben dem Schiff befanden.

Da diese Aufgabe allerdings sehr viel weniger konkret anschaulich angelegt ist, fordert sie in höherem Maße räumliches Vorstellungsvermögen. Einige Aussagen der Kinder weisen darauf hin, dass diese Aufgabe von ihnen durch eine Strategie der räumlichen Orientierung gelöst wird: *„Und dann sieht das eben so aus wie von A, wenn man das jetzt so denken würde, dass man von A direkt dadraufguckt, dann, dann sieht man das auch so wie da.[...] Ich dreh mich dann immer so'n bisschen rum, dann sehe ich das so“* (Anna). In jedem Fall scheint Anna visuelle Fähigkeiten einzusetzen.

Auch die Drehung des eigenen Körpers weist auf die Nutzung von Fähigkeiten der räumlichen Orientierung hin. Dabei ist das mentale Hineinversetzen in die Situation nicht vollständig von der tatsächlichen Handlung abgelöst.

Die Bearbeitungsstrategien einiger Kinder mit guten Ergebnissen in allen Tests zeigen, dass eine Vorstellung von den Quadern nicht unbedingt erforderlich ist. Daniel, der diese Aufgabe erfolgreich lösen kann, zeigt keine Vorstellung von den Quadern: *„Beim zweiten Bild, da sieht man eine kleine Stange und sozusagen eine Stange, die liegt. Von D sieht man diese Stange, und dieses Gekippte sieht man da, glaube ich, ja. Dann ist es also D.“* Diese Aussage ist in mehrfacher Hinsicht interessant. Hier zeigt sich im Vergleich zu späteren Aussagen eine deutliche Entwicklung der Strategie. An späterer Stelle legt er die konkreten Bezeichnungen vollständig ab und bezieht sich nur noch auf eine minimale Zusammenstellung von Eigenschaften. Interessant sind für ihn nur noch Farbe und Position: *„Die Dritte muss man alles von Weiß, eine Reihe von Schwarz nicht und alles von Grau sehen. Von der Seite D sieht man alles von Grau, alles von Weiß und fast alles von Schwarz. Also ist das D.“* Hier scheint er die Position der einzelnen Quader in einer Art Raster zu sehen. Dabei sind die Form und besonders die Höhe ohne Bedeutung.

Im Gegensatz dazu zeigt z.B. Christine, dass auch eine räumlich-visuelle Strategie zum Erfolg führt. Sie stellt sich die Quader tatsächlich vor und vergleicht dann die Zeichnungen: *„Und bei D, da habe ich von D geguckt. Da sieht man erst das hier, das ist die Seite und das hier, das sieht man dann so hoch.“* Christine versucht, sich aus



einer anderen Perspektive heraus zurechtzufinden. Damit nutzt sie vor allem die Fähigkeit zur räumlichen Orientierung.

Um diese Aufgabe sehr schnell und ökonomisch zu bearbeiten, können Teilaufgaben durch logisch-schlussfolgerndes Denken ohne oder mit nur geringem Einsatz von räumlich-visuellen Fähigkeiten gelöst werden. Besonders deutlich zeigt sich dies bei Eike: *„Das ist C, weil von hier ist es ja eben A, und denn ist es genau die andere Seite. Klar, dass das B ist. Dann ist es zum Schluss klar, dass das B ist.“* Er betrachtet jeweils die gegenüberliegenden Seiten im Zusammenhang. Dabei kommt dann der Rechts-Links-Unterscheidung eine besondere Bedeutung zu. Wie bei der Aufgabe „Schiff“ hat Ina hier Schwierigkeiten.

Felix wendet auch bei dieser Aufgabe eine erfolglose Strategie an. Er vergleicht die einzelnen Elemente in den Zeichnungen sequentiell. Dabei kann er jedoch nicht den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Ansichten herstellen.

### 3.1.4 „Dieselbe Schachtel?“

Diese Aufgabe wird von fast allen Probanden durch Strategien der mentalen Rotation bearbeitet. Oft ist es jedoch nicht nachzuvollziehen, ob das Kind eine mentale Rotation mit dem ganzen Quader oder nur eine zweidimensionale mentale Rotation der Seite, die das entscheidende Muster enthält, durchgeführt hat.

Weitere Unterschiede in der Strategie bestehen darin, ob die oben abgebildete „Vergleichsschachtel“ gedreht wird oder die unten abgebildeten. Jan rotiert z.B. die „Vergleichsschachtel“: *„Also, das ist richtig, wenn man das hochstellt, wenn man das jetzt nach rechts klappt auf die kurze Seite, dann ergibt das das untere Bild.“* Britta und Christine drehen im Gegensatz dazu in der Vorstellung die unten abgebildete Schachtel und vergleichen dann. Die Erklärung von Jan zeigt deutlich, dass er die ganze Schachtel in der Vorstellung rotiert. Bei dieser Aufgabe benutzen auffällig viele Probanden ihre Hände und führen damit eine Rotation der vorgestellten Schachtel durch.

Daniel geht bei dieser Aufgabe weniger ganzheitlich vor. Bei ihm wird eher die Betrachtung der einzelnen Teile und ihrer Beziehungen zueinander deutlich: *„Beim ersten ist bei der richtigen Schachtel muss unten ein Strich, rechts oben muss ein schwarzes Rechteck und dann auf der linken Seite muss ein Dreieck sozusagen sein. Und beim ersten Bild sieht man das so, wenn man's genauso dreht wie bei dem richtigen Bild, und dann sieht man, dass es richtig ist.“* Er analysiert zunächst die Beziehungen der einzelnen Elemente zueinander und überlegt, wie sie auf einer richtigen Schachtel angeordnet sein müssen.

Auch bei dieser Aufgabe hat Felix Schwierigkeiten mit der Aufgabenstellung. Zunächst vergleicht er sequentiell die einzelnen Elemente des Musters und kommt zu der Annahme, alle Schachteln seien gleich. Schließlich erkennt er jedoch nur noch die Schachtel als richtig an, die wie die oben abgebildete Schachtel im Querformat abgebildet ist.

Kevin zeigt bei dieser Aufgabe schließlich eine ganz andere Strategie. Er dreht sein Aufgabenblatt und ver-

gleicht dann. Seine visuellen Fähigkeiten werden dennoch beansprucht, da er anschließend das Vorstellungsbild aus seiner Erinnerung mit der oben abgebildeten Schachtel vergleichen muss.

### 3.2 Lösungsstrategien von erfolgreichen und weniger erfolgreichen Probanden

Vor dem Hintergrund der Auswertung der Bearbeitungsstrategien der einzelnen Kinder und der Strategien zu den einzelnen Aufgaben lassen sich zusammenfassend folgende Ergebnisse formulieren:

- Unterschiedliche Probanden benutzen unterschiedliche Strategien. Dennoch lassen sich bei gleichen Aufgabentypen persönliche Bearbeitungsstrategien und persönliche Stile herausstellen.

Diese Hypothese lässt sich leicht durch den Vergleich von zwei sehr unterschiedlich arbeitenden Kindern verdeutlichen. Während Christine fast ausschließlich auf holistische Strategien der Raumvorstellung zurückgreift, kombiniert Daniel diese in sehr viel stärkerem Maße mit analytischen Strategien und logisch-schlussfolgerndem Denken.

- Die erfolgreicheren Probanden greifen in stärkerem Maße auf Ausweich- und Ergänzungsstrategien wie logische Schlussfolgerungen zurück. Sie zeigen einen flexiblen Umgang mit verschiedenen Strategien und kombinieren diese.

Diese Tendenz zeigt sich bei allen Probanden des „oberen Drittels“. Stellvertretend sei hier die Bearbeitung der Aufgabe „Von welcher Seite“ durch Eike angeführt, bei der vor allem der Einsatz von analytischen Strategien und logisch-schlussfolgerndem Denken deutlich wird: *„Das hier vorne ist von A, weil, wenn's von C sehen würde, wär's ganz anders. Von C würde man nämlich als Erstes alles Schwarz und denn 'n bisschen von dem Weiß-Gepunkteten sehen.“*

- Vor allem bei der Bearbeitung von komplexeren Aufgaben werden Ausweichstrategien mit unterschiedlicher Effektivität genutzt. Häufig wird die Aufgabe auf eine einfachere Aufgabenstellung zurückgeführt oder es wird nur ein Minimum an Merkmalen betrachtet.

Diese Hypothese lässt sich mit Hilfe der Aufgabe „Von welcher Seite?“ untermauern. Vor allem bei Jan, Eike und Daniel wird sehr deutlich, dass sie nur eine minimale Auswahl von Eigenschaften, nämlich Farbe und Position, betrachten, um die Aufgabe zu lösen. *„Die Dritte muss man alles von Weiß, eine Reihe von Schwarz nicht und alles von Grau sehen. Von der Seite D sieht man alles von Grau, alles von Weiß und fast alles von Schwarz. Also ist das D“* (Daniel).

- Die Probanden des „oberen Drittels“ nutzen bei komplexen Aufgaben ausgefeilte analytische Strategien.

Zur Verdeutlichung dieser Hypothese eignet sich ebenfalls die Aufgabe „Von welcher Seite?“. Bei Daniel zeigt sich dabei eine Weiterentwicklung der Strategie über mehrere Teilaufgaben. Das oben angeführte Zitat bezieht sich auf die letzte Teilaufgabe, in der sich die Strategie bereits stabilisiert hat.

- Probanden des „unteren Drittels“, die zur Lösung einer Aufgabe zu viele Merkmale betrachten müssen, um sie sich simultan vorstellen können, greifen als

Ausweichmöglichkeit auch auf eine sequentielle Strategie zurück.

Das sequentielle Vorgehen zeigt sich hauptsächlich bei Felix. Er vergleicht z.B. bei der Bearbeitung der Aufgabe „Welche Schachtel“ sequentiell die einzelnen Elemente des auf der Schachtel abgebildeten Musters und kommt dann zu der Entscheidung, dass es sich um dieselbe Schachtel handeln muss. Ebenso vergleicht er die einzelnen Teile der „Bastelbögen“ sequentiell.

Eine unterstützende Strategie findet sich zumindest angedeutet in allen Interviews wieder: vor allem bei der Durchführung von räumlichen Bewegungen in der Vorstellung benutzen die Probanden unterstützend ihre Hände. Damit wird die Aufgabe insofern vereinfacht, dass die Repräsentation nicht nur durch Vorstellungsbilder erfolgt, sondern durch die Bewegung der Hände unterstützt wird. Stark ausgeprägt ist diese Methode der Vereinfachung vor allem bei den schwächeren Probanden, die vorwiegend mit einer holistischen Vorgehensweise arbeiten

Eine weitere Analyse der Aussagen der Kinder legt die Vermutung nahe, dass die Kinder sehr unterschiedlich mit geometrischen Begriffen umgehen. Weiterhin lässt diese Analyse Rückschlüsse darauf zu, ob die Kinder in der Vorstellung mit abstrakten Objekten operieren, oder ob sie diese zunächst mit konkreten Gegenständen in Verbindung bringen. Dabei lassen sich vier verschiedene Typen unterscheiden:

- Geometrische Begriffe sind vorhanden. Die Kinder verwenden die vereinbarten Begriffsnamen und haben Vorstellungen von den Eigenschaften der Körper.

Ein Beispiel für diesen Typ ist Anna. Als Einzige verwendet sie die korrekten Begriffsnamen konsequent in jeder Aufgabe.

- Bei den Kindern ist der Begriffsinhalt vorhanden. Sie haben Vorstellungen von den Eigenschaften der abstrakten Körper. Allerdings verwenden sie eigene Bezeichnungen für die Körper, die an grundlegende Eigenschaften angelehnt sind.

Ein Beispiel für diesen Typ ist Daniel. Seine Erklärungen zeigen sehr deutlich ein Suchen nach Bezeichnungen, die an für ihn entscheidende Merkmale angelehnt sind. So verwendet er z.B. „Rundes Rechteck“ für einen Zylinder. Aus diesem Namen kann er unmittelbar die Seitenansicht und die Draufsicht ableiten.

- Die Kinder verwenden eigene Bezeichnungen, die auf konkret-anschauliche Vorstellungen bezogen sind. Allerdings liegt den konkreten Vorstellungsbildern eine Vorstellung von den entscheidenden Eigenschaften der Körper zugrunde.

Die erfolgreiche Verwendung von Bezeichnungen, die auf konkret-anschauliche Vorstellungen zurückgehen, zeigt sich z.B. bei Jan. Er verwendet konsequent die Bezeichnung „Klotz“ für einen Quader. Seine Äußerungen legen dabei die Annahme nahe, dass ein „Klotz“ für ihn auch tatsächlich die gleichen Merkmale wie ein Quader aufweist.

- Die Kinder verwenden anschauliche Bezeichnungen. Die zugrunde liegenden konkreten Vorstellungen entsprechen jedoch nicht den Merkmalen der abgebildeten Körper.

Ein Beispiel für diesen Typ ist Britta, die für einen

abgebildeten Quader z.B. die Bezeichnungen „Berg“ oder „Prickelblatt“ verwendet. Dabei haben „Berg“ und „Prickelblatt“ für sie keinesfalls gleiche Merkmale. Darüber hinaus verwendet sie „Berg“ auch als Bezeichnung für einen Kegel.

Damit erlaubt die vierte Möglichkeit keine erfolgreiche Bearbeitung der Aufgaben, da hier keine entsprechenden Vorstellungen zugrunde liegen. Die drei anderen Typen können die Aufgaben anscheinend gleichermaßen erfolgreich lösen und sind in der Lage, ihre Vorstellungen auf ganz unterschiedliche Art und Weise zu erklären.

#### 4. Diskussion

Im Allgemeinen stimmen die Ergebnisse dieser Untersuchung mit den in der Literatur hauptsächlich für Erwachsene getroffenen Aussagen überein. Auch schon im Grundschulalter entwickeln die Kinder Präferenzen für verschiedene Lösungsstrategien, so dass gleiche Aufgabenstellungen durchaus unterschiedlich bearbeitet werden. So zeigen sich, wie bei Köller, Rost & Köller (1994) beschrieben, individuelle Stile.

Sehr deutlich lassen sich analytische von eher räumlich-visuellen Strategien abgrenzen. Dabei fällt auf, dass analytische Strategien hauptsächlich bei den „guten Raumvorstellern“ zu finden sind. Damit ist zumindest für die Kinder dieser Untersuchung eine Antwort auf die Frage, was nun eigentlich „gute“ von „schlechten Raumvorstellern“ unterscheidet, gefunden: die Kinder des leistungsmäßig oberen Drittels können bei komplexeren Aufgabenstellungen auf andere Strategien zurückgreifen, die weniger hohe Anforderungen an räumlich-visuelle Fähigkeiten stellen. Diese Beobachtung deckt sich mit der Zusammenfassung von Maier (1999):

„Im Extremfall werden intendierte Bearbeitungsstrategien praktisch kaum angewendet; vor allem bei anspruchsvolleren Testaufgaben kommen „Ergänzungs-“ und „Ausweichstrategien zum Einsatz, die weniger hohe Ansprüche an räumlich-visuelle Qualifikationen stellen und somit oftmals eine erfolgreichere Bearbeitung ermöglichen [...]“ (Maier 1999, S. 69).

An dieser Stelle gewinnt die Frage an Bedeutung, ob mit Aufgabenstellungen, die auch durch analytische Strategien gelöst werden können, tatsächlich das, was im klassischen Sinne als das Räumliche Vorstellungsvermögen beschrieben wird, gemessen werden kann. Die oben beschriebene Beobachtung legt die Vermutung nahe, dass eine erfolgreiche Bearbeitung der ausgewählten Testaufgaben auch mit weniger ausgeprägten räumlich-visuellen Qualifikationen, dafür aber mit größeren Fähigkeiten im Problemlösen möglich ist. In diesem Zusammenhang wäre eine weitere Untersuchung interessant, in der diese Probanden mit Aufgabenstellungen konfrontiert werden, die nur mit einer Raumstrategie zu lösen sind (vgl. Putz-Osterloh 1977, Köller, Rost & Köller 1994).

Anzumerken bleibt an dieser Stelle, dass eventuell auch die Wahl der Untersuchungsmethode Lautes Denken Einfluss auf die Entscheidung für eine analytische Strategie gehabt haben könnte. Da die Lösung durch eine verbal-analytische Strategie vor allem verbal vermittelt wird, eignet sie sich besonders gut für das Laute Denken. Davon bleibt jedoch die Beobachtung unberührt, dass vor allem die erfolgreichen Probanden so flexibel sind, eine



solche Strategie wählen zu können.

Abschließend stellt sich die Frage, was diese Untersuchung leisten kann und welche Konsequenzen sich daraus ergeben.

Ein wichtiger Aspekt dieser Untersuchung ist, dass hier versucht wurde, tatsächlich die Vorstellungen und das Verständnis der Kinder von räumlich-geometrischen Aufgaben zu erfassen. Damit kann diese Untersuchung z.B. bereits zur Einschätzung von Testergebnissen in Tests zur Raumvorstellung beitragen.

Um spezifische Aspekte des Lösungsverhaltens exakt zu analysieren, könnte sich hier eine Folgeuntersuchung anschließen. Diese könnte dann einen Beitrag zur Bestimmung der externen Validität von Tests zu den einzelnen Bereichen räumlicher Fähigkeiten liefern.

Darüber hinaus lassen sich aus der Kenntnis der beim Lösen von spezifischen Aufgaben eingesetzten Prozesse Hypothesen ableiten, mit welchen kognitiven Leistungen die Leistung in diesem Bereich korrelieren müsste. Hier sind dann beispielsweise Hinweise zur Aufklärung der häufig beschriebenen Korrelationen zwischen räumlichen Fähigkeiten und der Mathematikleistung möglich.

Auch für den Geometrieunterricht in der Grundschule ist eine Kenntnis von Vorstellungen und Strategien der Kinder zu räumlich-geometrischen Aufgaben interessant. Die Ergebnisse dieser Untersuchung können dazu beitragen, die Vorstellungen und Handlungen der Kinder im Geometrieunterricht nachzuvollziehen und weiterzuentwickeln.

## Literatur

- Barratt, E. S. (1953): An Analysis of Verbal Reports of Solving Spatial Problems as an Aid in Defining Spatial Factors. - In: *The Journal of Psychology*, 36, S. 17-25
- Cooper, L. A. (1976): Individual differences in visual comparison processes. - In: *Perception & Psychophysics*, 19(5), S. 433-444
- Deffner, G., Heydemann, M., & von Borstel, G. (1984): Ein Kategoriensystem und interaktives Ratingverfahren für die Vorverarbeitung von Protokollen des Lauten Denkens. - In: *Archives of Psychology*, 136, S. 147-162
- Grüßing, M. (2001): Räumliche Geometrie im Verständnis von Kindern des 4. Schuljahres. - In G. Kaiser (Hg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht*. Hildesheim: Franzbecker, S. 245-248
- Grüßing, M. & Hellmich, F.: Spatial ability and geometry learning. - In: M. van den Heuvel-Panhuizen (Hg.), *Proceedings of the 25<sup>th</sup> Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Bd.1). Utrecht: Utrecht University, S. 396
- Hartmann, J. (2000): Räumlich geometrisches Training und Transfer auf Leistungen im Geometrieunterricht der Grundschule. - In M. Neubrand (Hg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht*. Hildesheim: Franzbecker, S. 245-248
- Hosenfeld, I., Strauss, B., & Köller, O. (1997): Geschlechterdifferenzen bei Raumvorstellungsaufgaben - eine Frage der Strategie? - In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 11(2), S. 85-94
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1985): Cognitive Coordinate Systems: Accounts of mental Rotation and Individual Differences in Spatial Ability. - In: *Psychological Review*, 92(2), S. 137-172
- Köller, O., Rost, J., & Köller, M. (1994): Individuelle Unterschiede beim Lösen von Raumvorstellungsaufgaben aus dem IST- bzw. IST-70-Untertest "Würfelauflagen". - In: *Zeitschrift für Psychologie*, 202(1), S. 65-85

- Kyllonen, P. C., Lohman, D. F., & Woltz, D. J. (1984): Componential Modeling of Alternative Strategies for Performing Spatial Tasks. - In: *Journal of Educational Psychology*, 26(6), S. 1325-1345
- Lehmann, W., & Jüling, I. (2002): Raumvorstellungsfähigkeit und mathematische Fähigkeiten - unabhängige Konstrukte oder zwei Seiten einer Medaille? - In: *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 49(1), S. 31-43
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985): Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-Analysis. *Child Development*, 56, S. 1479-1498
- Lohaus, A., Schumann-Hengsteler, R., & Kessler, T. (1999): *Räumliches Denken im Kindesalter*. - Göttingen: Hogrefe.
- Lohman, D. F. (1988): Spatial Abilities as Traits, Processes, and Knowledge. - In: R. J. Sternberg (Hg.), *Advances in the Psychology of Human Intelligence*. Volume 4. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, S. 181-248
- Maier, P. H. (1999): *Räumliches Vorstellungsvermögen. Ein theoretischer Abriss des Phänomens räumliches Vorstellungsvermögen. Mit didaktischen Hinweisen für den Unterricht*. - Donauwörth: Auer.
- Putz-Osterloh, W. (1977): Über Problemlöseprozesse bei dem Test Würfelauflagen aus dem Intelligenztest IST und IST-70 von Amthauer. - In: *Diagnostica*, 23, S. 252-265
- Putz-Osterloh, W. (1981): *Problemlöseprozesse und Intelligenztestleistung*. - Bern: Verlag Hans Huber
- Putz-Osterloh, W., & Lüer, G. (1979): Wann produzieren Probanden räumliche Vorstellungen beim Lösen von Raumvorstellungsaufgaben? - In: *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 26(1), S. 138-156
- Quaiser-Pohl, C. (1998): Die Fähigkeit zur räumlichen Vorstellung. Zur Bedeutung von kognitiven und motivationalen Faktoren für geschlechtsspezifische Unterschiede. - Münster: Waxmann
- Quaiser-Pohl, C. (2001): *Räumliches Denken bei Kindern: Entwicklung, Erfassung und praktische Bedeutung. Eine Einführung in das Themenfeld*. - In: *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 48(4), S. 241-248
- Quaiser-Pohl, C. (2001): Zum Einfluss des Wohnviertels auf die Raumvorstellung und die kognitiven Landkarten bei 7- bis 12-Jährigen. - In: *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 48(4), S. 280-297
- Schultz, K. (1991): The Contribution of Solution Strategy to Spatial Performance. - In: *Canadian Journal of Psychology*, 45(4), S. 474-491
- Souvignier, E. (2000): *Förderung räumlicher Fähigkeiten. Trainingsstudien mit lernbeeinträchtigten Schülern*. - Münster: Waxmann
- Thurstone, L. L. (1938): *Primary mental abilities*. - Chicago, Illinois: The University of Chicago Press
- Tonn, A. (1991): Einige Aufgaben, die Du „im Kopf“ lösen sollst. - In: *ALPHA. Mathematische Schülerzeitschrift*, 25, S. 49
- Weidle, R., & Wagner, A. C. (1982). Die Methode des Lauten Denkens. - In: G. L. Huber & H. Mandl (Hg.), *Verbale Daten. Eine Einführung in die Grundlagen und Methoden der Erhebung und Auswertung*. Weinheim: Beltz PVU, S. 81-103

## Autorin

Grüßing, Meike, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Fachbereich Mathematik, D-26111 Oldenburg.  
E-mail: [meike.gruessing@mail.uni-oldenburg.de](mailto:meike.gruessing@mail.uni-oldenburg.de)