

Angel MIZZI, Essen

## **Hürden von Lernenden bei der Bewältigung räumlich-verbaler Anforderungen**

### **Vorhaben**

Die für diesen Beitrag betrachtete Forschungsfrage ist, welchen Hürden Lernende begegnen, während sie verbal-räumliche Anforderungen bewältigen. Im Gegensatz zu früheren Forschungsstudien über Raumvorstellung, die sich eher auf schriftliche Aufgaben zum Messen der Raumvorstellung fokussieren, soll in diesem Beitrag die Verwendung der räumlichen Sprache im Diskurs der Lernenden beim Lösen solcher Anforderungen untersucht werden, um neue Erkenntnisse über die beim Lösen solcher Aufgaben auftretenden Hürden der Lernenden zu gewinnen.

### **Ausgewählte theoretische Grundlagen**

Aus mathematikdidaktischer Sicht betrachtet Pinkernell (2003) Raumvorstellung als eine Ansammlung von Fähigkeiten und Fertigkeiten, die in drei Komponenten unterteilt werden: räumlich-visuelles Operieren (sowohl mentales als auch reales Handeln im Raum), geometrisches Denken (Reduktion des räumlichen Wissens auf zweidimensionales Wissen) und Visualisierung (u.a. Konstruktion und Interpretation der unterschiedlichen Darstellungsformen von räumlichen Objekten).

Sprache kann eine wichtige Rolle beim Kommunizieren des räumlichen Wissens und bei der Konstruktion räumlichen oder geometrischen Wissens spielen (Maier & Schweiger 1999). Die Verwendung von Sprache um räumliche Objekte, deren räumliche Lage und räumliche Beziehungen zu beschreiben, ist unter dem Begriff der räumlichen Sprache bekannt. Nach Levinson (1996) sollten Forschende die räumliche Sprache von Lernenden analysieren, um Erkenntnisse über deren räumliches Wissen zu gewinnen.

Beim Lösen von Raumvorstellungsaufgaben spielt die Unterscheidung zwischen zwei Strategiegruppen, der analytischen (*part approach*) und der holistischen (*whole approach*) Strategien (Barrat 1953), eine bedeutsame Rolle. Diese Strategiegruppen zeigen Ähnlichkeiten zur Theorie über die Denkstile von Schwank (2003). Prädikatives Denken beim Lösen von Raumvorstellungsaufgaben, also das Denken in Beziehungen mit Fokus auf die statischen internen Repräsentationen, entspricht dem analytischen Denken, wobei Lernende auf die statischen Merkmale der räumlichen Objekte achten. Lösen Lernende Raumvorstellungsaufgaben funktional, so fokussieren sie

die dynamischen Repräsentationen und denken in Wirkungsweisen, was typisch für das holistische Denken ist (z.B. mentale Rotation der Objekte). Dementsprechend wird in dieser Studie insbesondere erwartet, dass Hürden beim Verbalisieren des holistischen Denkens auftreten.

## Methoden

Basierend auf den oben genannten theoretischen Grundlagen über Raumvorstellung und Sprache, wurde der Rekonstruktionsversuch als Erhebungsmethode für diese qualitative Studie ausgewählt. Im Rekonstruktionsversuch kommunizieren zwei Lernende in einer Rücken-an-Rücken Sitzkonstellation miteinander. Sie verfolgen das Ziel, eine vom Lehrenden entwickelte Aufgabe gemeinsam zu lösen. Den Lernenden werden zwei Rollen zugeteilt: die Beschreibende und die Nachbauende. Der Beschreibende kommuniziert die erforderlichen Schritte dem Nachbauenden, der diese interpretiert und mithilfe von Materialien (Steckwürfeln) nachbauen soll, wie aus der folgenden Aufgabeninstruktion ersichtlich ist:



**Abb. 1:**  
Objekt A

*„In diesem Experiment erhältst du [Beschreibender] ein Objekt aus Steckwürfeln. Du [Beschreibender] musst ihm/ihr [Nachbauender] Anweisungen geben, wie er/sie [Nachbauender] diesen wiederbauen kann. Die Farbe der Steckwürfel spielt keine Rolle, und während der Beschreibung darfst du [Nachbauender] das Objekt anfassen und bewegen, aber die Struktur muss unverändert bleiben. Am Ende sollte das Nachgebaute mit dem Beschriebenen identisch sein“.*



**Abb. 2:**  
Objekt B

Diese Aufgabe wurde mit zwei verschiedenen räumlichen Objekten aus Steckwürfeln (Objekte A und B, vgl. Abb. 1 und Abb. 2) durchgeführt. Bei der Zusammensetzung dieser Objekte wurde auf verschiedene Kriterien geachtet. 32 Lernende der 5. Jahrgangsstufe (Real-, Haupt- und Gesamtschulen) haben an dieser Studie teilgenommen. Die Stichprobe bestand aus 16 Beschreibenden und 16 Nachbauenden. Dadurch, dass die Beschreibende einen größeren Einfluss auf die Diskursentwicklung haben, wurden insbesondere zwei Faktoren bei der Auswahl der Beschreibenden berücksichtigt: Räumliches Vorstellungsvermögen und sprachliche Kenntnisse, die mit Hilfe von schriftlichen Tests erfasst worden waren.

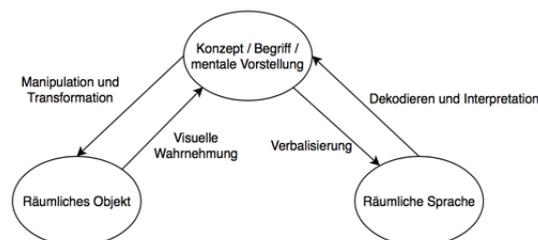
## Ergebnisse

Bei einer qualitativ interpretativen Analyse der räumlichen Sprache von Lernenden beim Lösen der verbal-räumlichen Aufgaben wurden verschiedene Hürden identifiziert. Um räumliche Eigenschaften von räumlichen Objekten zu beschreiben, haben Lernende räumliche Metaphern verwendet. Räumli-

che Metaphern sind Werkzeuge zur Übertragung von Eigenschaften von einem Phänomen, welches nicht aus dem räumlichen Kontext des Problems stammt, zu einem räumlichen Objekt. Aber der Einsatz von Metaphern im räumlichen Diskurs ist nicht immer zielführend, denn Metaphern sind mehrdeutig und je nachdem über welche Erfahrungen das Subjekt verfügt, können sie unerwünschte mentale Bilder aktivieren.

Eine zweite Hürde wurde beim Verbalisieren vom holistischen Denken beobachtet. Lernende hatten Schwierigkeiten das Drehen von Teilobjekten zu verbalisieren bzw. wahrzunehmen. Auf der einen Seite gab es Lernende, die das Drehen und dessen Einfluss auf die räumliche Lage der Objekte wahrgenommen haben. Diejenigen Lernenden versuchten dieses Phänomen explizit zu verbalisieren und nutzten Gesten, um das räumliche Denken zu unterstützen. Auf der anderen Seite gab es Lernende, die solche Drehungen beim Lösen der Raumvorstellungsaufgaben durchgeführt haben, aber sich nicht bemüht haben, diese zu verbalisieren, obwohl sie das Ergebnis beeinflusst haben. In diesen Fällen haben jene Lernende die holistischen Handlungen nicht wahrgenommen und folglich nicht verbalisiert.

Eine weitere Hürde wurde beim Beschreiben der räumlichen Beziehungen beobachtet. Lernende verzichteten oft auf räumliche Präpositionen, die auf eine eindeutige räumliche Konstellation hinweisen, beispielsweise *rechts* oder *links von*, *über* oder *unter*. Anstatt dessen verwenden sie mehrdeutige Präpositionen, wie *neben*, oder räumliche Metaphern, um die räumlichen Beziehungen im Diskurs auszudrücken. Bei einer weiteren Hürde, der Reduktion der Dimension, reduzierten die Lernenden die räumlichen Objekte auf zweidimensionale deskriptive Eigenschaften jedoch meistens, indem sie auf wichtige notwendige Eigenschaften des Objektes verzichteten. Zusätzlich zur Beschreibung der Eigenschaften der Objekte spielt räumliche Orientierung eine wichtige Rolle beim Beschreiben bzw. beim Interpretieren des räumlichen Wissens. Dies wurde deutlich in einem Fall, in dem zwei Lernende während des Lösen zu dem Schluss kamen, dass sie spiegelverkehrt sitzen, und dass *links* und *rechts* miteinander ausgetauscht werden müssen. Dies führte zu einer Hürde bei der Interpretation des Gesagten und folglich zu einem unerwünschten Ergebnis.



**Abb. 3:** Modell zur kognitiven Prozesse beim Lösen von Raumvorstellungsaufgaben (Mizzi 2017)

Die Auflistung der Hürden in diesem Beitrag ist nicht vollständig, aber sie zeigt wie vielfältig die beim Lösen von Raumvorstellungsaufgaben auftretenden Hürden sein können. Insbesondere ist es wichtig, nicht nur die Hürden zu beschreiben, sondern auch zu untersuchen, in welchen kognitiven Prozessen im Lösungsprozess sie auftreten. Während manche Hürden beim Dekodieren und Interpretation der räumlichen Sprache entstanden sind (z.B. räumliche Metaphern), gab es darüber hinaus Hürden, die entweder bei der visuellen Wahrnehmung der realen durchgeführten Handlungen oder, falls diese wahrgenommen wurde, oder bei der expliziten Verbalisierung solcher Handlung (z.B. Verbalisieren des Drehens) entstanden sind. Um diese unterschiedlichen Prozesse beim Lösen von Raumvorstellungsaufgaben nachzuvollziehen, wurde ein theoretisches Modell entwickelt, das den Zusammenhang zwischen der mentalen Ebene (mentale Vorstellungen zur räumlichen Konzepten) und der explizit beobachtbaren, realen Ebene (Räumliche Sprache und Räumliches Objekt) darstellt (vgl. Abb. 3).

### **Schlussfolgerung**

Diese Ergebnisse der Studie zeigen, wie vielfältig Hürden, die beim Lösen von Raumvorstellungsaufgaben auftreten, sein können. Bei der Untersuchung der Hürden spielten die dahinterliegenden kognitiven Prozesse eine wichtige Rolle: Wahrnehmungs-, Verbalisierungs-, Transformations- und Interpretationsprozesse. Insbesondere wurden Befunde vorheriger Literatur bestätigt, dass das Verbalisieren von holistischen Denkhandlungen kognitiv anspruchsvoller (im Vergleich zum Analytischen) in Worte zu fassen ist, und deshalb sollten in solchen Fällen auch Gesten beim Lösen von Raumvorstellungsaufgaben berücksichtigt werden.

### **Literatur**

- Barrat, E. S. (1953): An analysis of verbal reports of solving spatial problems as aid in defining spatial factors. *Journal of Psychology*, 36, 17-25.
- Levinson, S. C. (1996): Language and Space. *Annual Review of Anthropology*, Vol. 25, 353-382.
- Maier, H. & Schweiger, F. (1999): *Mathematik und Sprache. Zum Verstehen und Verwenden der Fachsprache im Unterricht*. Wien: öbv & hpt.
- Mizzi, A. (2017). *The Relationship between Language and Spatial Ability. An Analysis of Spatial Language for Reconstructing the Solving of Spatial Tasks*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Pinkernell, G. (2003): *Räumliches Vorstellungsvermögen im Geometrieunterricht: Eine didaktische Analyse mit Fallstudien*. Hildesheim: Franzbecker.
- Schwank, I. (2003). Einführung in funktionales und prädikatives Denken. In: I. Schwank: *ZDM-Themenheft 'Zur Kognitiven Mathematik'*, 70-78.