

Amelie VOGLER, Siegen & Frederik DILLING, Siegen

Förderung räumlichen Vorstellungsvermögens durch CAD-Software – Eine Fallstudie

Einleitung

Räumliches Vorstellungsvermögen ist ein bedeutsamer Indikator für Intelligenz und ist wichtig für unser alltägliches Leben sowie das schulische (mathematische) Lernen. Die Entwicklung und Förderung dieses Vermögens ist ein zentrales Ziel des Mathematikunterrichts. Durch den vermehrten Einsatz digitaler Werkzeuge sollen Schülerinnen und Schüler zudem im Unterricht zunehmend mit dynamischen Projektionen von dreidimensionalen Objekten umgehen können. Daher ist das räumliche Vorstellungsvermögen einerseits als Voraussetzung zu sehen, welche das Handeln im virtuellen Raum überhaupt erst ermöglicht. Andererseits beinhaltet die Nutzung einer 3D-Software das Potential, diese Fähigkeit (weiter) zu entwickeln. Dieser Beitrag zeigt erste Ergebnisse einer exemplarischen Untersuchung zum Zusammenhang von Computer-Aided-Design-Software (CAD) und der Förderung von räumlichem Vorstellungsvermögen.

Räumliches Vorstellungsvermögen

Da über das Phänomen der räumlichen Vorstellung (engl. spatial ability) in der Wissenschaft kein Konsens herrscht, ist in der Literatur keine allgemein akzeptierte Definition zu finden. Mit Blick auf Lohmann (1993) kann räumliches Vorstellungsvermögen als eine Kombination verschiedener Teilfähigkeiten (u. a. Generieren, Speichern und Transformieren räumlich-visueller Vorstellungsbilder bzw. Repräsentationen) angesehen werden, welche den Aufbau von Bildern in der Vorstellung und das Generieren von Informationen über diese Bilder ermöglicht. Darüber hinaus geht es dabei nicht nur um das bloße Speichern und Abrufen von Bildern im Gedächtnis, sondern um die Fähigkeit, aktiv mit ihnen umgehen zu können. Mathematikdidaktische Forschung zum räumlichen Vorstellungsvermögen bezieht psychologische Ansätze und Theorien mit ein, welche diese Fähigkeit als wesentliche Bedingung der Intelligenz ansehen (u. a. Thurstone, 1938). Basierend u. a. hierauf entwickelte Maier ein Strukturkonzept des räumlichen Vorstellungsvermögens bestehend aus fünf Komponenten: Räumliche Wahrnehmung, räumliche Visualisierung oder Veranschaulichung, mentale Rotation, räumliche Beziehungen und räumliche Orientierung (vgl. Maier, 1994). Diese fünf Komponenten können wie folgt beschrieben werden: *Räumliche Wahrneh-*

mung ist die Fähigkeit, die Horizontale und Vertikale zu identifizieren. *Veranschaulichung* umfasst die Fähigkeit, sich Aktivitäten wie Verschiebungen, Faltungen oder Schnitte von räumlichen Objekten oder Objektteilen visuell vorzustellen. *Mentale Rotation* charakterisiert die Fähigkeit, zwei- oder dreidimensionale Figuren in der Vorstellung zu rotieren. *Räumliche Beziehungen* bedeutet die Fähigkeit, räumliche Konfigurationen zwischen mehreren Objekten oder Objektteilen zu erfassen. *Räumliche Orientierung* ist die Fähigkeit, den eigenen Standpunkt in einer räumlichen Situation korrekt einzuordnen.

Studien in verschiedenen Bildungsbereichen zeigen, dass das räumliche Vorstellungsvermögen bereits ab dem frühkindlichen Alter durch spezielle Interventionen gefördert werden kann (u. a. Battista et al., 1982). Erste Forschungsergebnisse konnten zeigen, dass bestimmte digitale Werkzeuge hierzu besonders geeignet sind (u.a. Luig & Sträßer, 2009). Die Möglichkeiten von CAD-Software in diesem Kontext sollen an dieser Stelle näher erörtert werden.

3D-Druck und Computer-Aided-Design im Mathematikunterricht

Die 3D-Druck-Technologie stellt ein digitales Werkzeug dar, welche u. E. ein hohes Potential für das Lernen von Mathematik bietet. Sie ermöglicht den Druck dreidimensionaler Objekte auf der Basis virtueller 3D-Modelle, welche unter Verwendung einer CAD-Software konstruiert wurden. Die in der nachfolgend beschriebenen Studie verwendete CAD-Software Tinkercad ist eine Anwendung, welche das sog. direkte Modellieren erlaubt. Hierbei werden einfache Basisformen (wie Würfel, Zylinder etc.) per Drag and Drop auf eine Arbeitsfläche gezogen. Teile eines Körpers können durch Ziehen an Flächen, Ecken und Kanten direkt verändert werden und verschiedene Körper können mit Booleschen Operatoren verbunden werden. Da die Veränderungen des Körpers für den Anwender sofort sichtbar werden, ist diese Modelliermethode intuitiv verständlich (vgl. Dilling & Witzke, 2019). Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass sich im Mathematikunterricht zahlreiche Einsatzmöglichkeiten für die 3D-Druck-Technologie ergeben und unterschiedliche Kompetenzen gefördert werden können (u.a. Dilling, 2019; Dilling et al., 2019; Pielsticker, 2020).

Fallstudie zu CAD und räumlichem Vorstellungsvermögen

In einer Fallstudie sollte ein Zusammenhang zwischen der Nutzung von CAD-Software und der Entwicklung von räumlichem Vorstellungsvermögen untersucht werden. Hierzu wurde die gemeinsame Arbeit von zwei Schülern einer 10. Jahrgangsstufe mit der CAD-Software Tinkercad video-

grafiert. Aus dem Datenmaterial wurden acht Kategorien mit Hilfe der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) gebildet, die grundlegende Handlungen mit einer CAD-Software beschreiben. Die identifizierten Handlungen wurden anschließend auf theoretischer Basis mit den Komponenten des räumlichen Vorstellungsvermögens in Beziehung gesetzt.

Kategorie 1 beschreibt die Auswahl eines Grundkörpers. Die Schülerinnen und Schüler wählten zunächst einen Würfel für ihre Konstruktion aus, später arbeiteten sie in der analysierten Situation auch mit einem Zylinder. Um die geeigneten Körper auswählen zu können, müssen die Schülerinnen und Schüler bereits eine Vorstellung von der Zusammensetzung des zu konstruierenden Körpers haben. So scheint es einen Zusammenhang zwischen der Auswahl eines Grundkörpers und dem Aspekt der räumlichen Beziehung zu geben.

Die Veränderung der Parameter von Körpern durch Ziehen an Elementen des Objekts oder durch Eingabe von Zahlenwerten ist Teil von *Kategorie 2*. Diese Handlung ist mit dem Aspekt der räumlichen Wahrnehmung verbunden, da die verschiedenen Dimensionen richtig voneinander unterschieden werden müssen, sowie mit dem Aspekt der Veranschaulichung, da visualisiert wird, wie sich Teile eines Körpers durch Veränderung der Parameter verändern. *Kategorie 3* umfasst die Veränderung der Position von Körpern durch Ziehen oder die Eingabe von Werten. Damit hängt diese Handlung ebenfalls mit den Aspekten der räumlichen Wahrnehmung und der Veranschaulichung zusammen.

Kategorie 4 beschreibt das Drehen von Objekten. Sie können um jeden beliebigen Winkel in beliebige Richtung gedreht werden. Dazu müssen Dimensionen unterschieden werden (räumliche Wahrnehmung) und es muss bereits eine Vorstellung von dem gedrehten Objekt vorhanden sein (mentale Rotation). Das Duplizieren von Objekten gehört zu *Kategorie 5*. Diese Handlung ist mit dem Aspekt der räumlichen Beziehung verbunden, denn es bedarf der Idee, dass das gleiche Objekt mehrfach für die Konstruktion benötigt wird.

Kategorie 6 beschreibt das Verbinden von Körpern mit Hilfe Boolescher Operatoren. Dazu können die einzelnen Objekte in zwei Modi, „Volumenkörper“ und „Bohrung“, gesetzt werden. Sie können dann mit der Funktion „Gruppieren“ kombiniert bzw. fixiert werden. Diese Handlung ist mit dem Aspekt der räumlichen Beziehung verbunden, da es sich um die Zusammensetzung komplexerer Körper aus Grundkörpern handelt. Außerdem kann sie dem Aspekt Veranschaulichung zugeordnet werden, da die Vereinigungen und Schnitte die Struktur der einzelnen Objekte verändern.

Das Heran- und Herauszoomen der Darstellung durch Scrollen des Mausrades oder über das Touchpad gehört zu *Kategorie 7*. *Kategorie 8* beschreibt das Drehen der Gesamtansicht mit der Computermaus. Beide Handlungen stehen im Zusammenhang mit dem Aspekt der räumlichen Orientierung, da sie die Betrachtung eines Objektes aus verschiedenen Perspektiven und Entfernungen ermöglichen.

Fazit und Ausblick

Durch die Fallstudie konnte ein erster Blick auf die Möglichkeiten der Förderung von räumlichem Vorstellungsvermögen durch CAD-Software geworfen werden. Bereits in der kurzen betrachteten Konstruktionssequenz konnten viele verschiedene Zusammenhänge identifiziert werden. Weitere Untersuchungen müssen klären, inwiefern das räumliche Vorstellungsvermögen von Schülerinnen und Schülern durch CAD-Software tatsächlich gefördert werden kann.

Literatur

- Battista, M. T., Wheatley, G. H. & Talsma, G. (1982). The importance of spatial visualization and cognitive development for geometry learning in preservice elementary teachers. *Journal for Research in Mathematics Education*, 13 (5), 332–340.
- Dilling, F. (2019). *Der Einsatz der 3D-Druck-Technologie im Mathematikunterricht. Theoretische Grundlagen und exemplarische Anwendungen für die Analysis*. Wiesbaden: Springer.
- Dilling, F., Pielsticker, F. & Witzke, I. (2019, online first). Grundvorstellungen Funktionalen Denkens handlungsorientiert ausschärfen – Eine Interviewstudie zum Umgang von Schülerinnen und Schülern mit haptischen Modellen von Funktionsgraphen. *Mathematica Didactica*.
- Dilling, F. & Witzke, I. (2019). Was ist 3D-Druck? Zur Funktionsweise der 3D-Druck-Technologie. *Mathematik Lehren*, 217, 10–12.
- Lohmann, D. F. (1993). Spatial Ability and G. Paper presented at the first Spearman Seminar, July 21, 1993, University of Plymouth.
- Luig, K. & Sträßer, R. (2009). Förderung ausgewählter Aspekte der Raumvorstellung mit dynamischer Geometriesoftware. *Beiträge zum Mathematikunterricht 2009*, 301–304.
- Maier, P. H. (1994). *Räumliches Vorstellungsvermögen. Komponenten, geschlechtsspezifische Differenzen, Relevanz, Entwicklung und Realisierung in der Realschule*. Frankfurt a. M.: Peter Lang.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Pielsticker, F. (2020, im Druck). *Mathematische Wissensentwicklungsprozesse von Schülerinnen und Schülern. Fallstudien zu empirisch-orientiertem Mathematikunterricht am Beispiel der 3D-Druck-Technologie*. Wiesbaden: Springer.
- Thurstone, L. L. (1938). *Primary Mental Abilities*. Chicago: University of Chicago Press.