

Reinhold HAUG, Freiburg, Timo LEUDERS, Freiburg

Lernstrategien für das Arbeiten mit dynamischen Werkzeugen – am Beispiel Dynamischer Geometriesysteme (DGS)

Das Lernen mit Computerunterstützung ist Gegenstand intensiver Forschungsbemühungen in der Mediendidaktik (als einen Zweig der pädagogischen Psychologie). Zugleich interessieren sich die Fachdidaktiken für das computergestützte Lernen aus ihrer jeweiligen fachspezifischen Perspektive. Forschungsstände und Theorierahmen sind hierbei vergleichsweise wenig vernetzt (eine der wenigen Ausnahmen im deutschsprachigen Raum ist Hischer, 2002). Der vorliegende Beitrag soll einige Brückenschläge zwischen Forschung zum Lernen mit computergestützten Lernumgebungen zwischen Mathematikdidaktik und Mediendidaktik andeuten. Diese Überlegungen explorieren die Situation ausgehend vom Bereich des Lernens mit Dynamischen Geometriesystemen.

1. Fachbezogene Forschung zum Lernen mit DGS

Seit über zehn Jahren wird das Lehren und Lernen mit DGS untersucht. Versucht man einen Gesamteindruck zu skizzieren, so findet man themenspezifische Fallstudien (vgl. Furinghetti & Paola, 2003; Hölzl, 1994 & 1999; Marradas & Gutierrez, 2000), Vergleichsstudien mit und ohne DGS (vgl. Gawlick, 2001), Evaluationsstudien zur Optimierung von Lernumgebungen (Laborde, 2005; Mariotti & Bussi, 1998) und Wirksamkeitsstudien zum Lernen mit Computerunterstützung (vgl. Haug, 2012). Zusammenfassen kann man die Befunde in etwa folgendermaßen: Ein hohes Maß an dynamischen Elementen im DGS bedeutet zunächst nicht eine höhere Effizienz bezüglich der Vermittlung von mathematischen Inhalten. Positive Voraussetzungen für Lernerfolg sind Vorwissen der Lernenden im Umgang mit DGS, eine Entschleunigung der Lernprozesse, klare und transparente Arbeitsziele sowie Anregung zur Dokumentation und Reflexion.

2. Bezüge zur Mediendidaktik

Die Lehr-Lernforschung zu computergestützten Lernumgebungen ist vielfältig, z.T. ist das computerbasierte Lernen Gegenstand, z.T. haben computergestützte Lernszenarien forschungsmethodische Gründe. Unter den vielen Forschungsbereichen seien nur genannt: Das Arbeiten in kollaborativen Lernumgebungen (Scardamaglia & Bereiter, 1994), das Lernen mit Hypertext und Hypermedia (Issing & Klimsa, 2002), das Lernen in Medienverbänden, also z.B. mit Text-Bild-Kombinationen (Mayer, 1999; Schnotz, W., & Bannert, 2003), intelligente tutorielle Systeme (Ritter et al, 2007) oder gar hochintegrierte „Powerful Learning Environments (DeCorte et al,

2003), die u.a. metakognitive Lernwerkzeuge anbieten. Zur Vereinfachung der Analyse fokussieren wir zunächst das individuelle Lernen ohne adaptive Elemente und orientieren uns an einer Typologie der Medien(verbünde), die den Grad der Interaktion widerspiegeln (Plötzner, Leuders & Wichert, 2009): (1) Texte, (2) Text-Bild-Kombinationen, (3) Animationen, (4) Simulationen, (5) Modellierungsumgebungen. Nachfolgend wird angedeutet, wie sich DGS-Forschung hier (ab Ebene (3)) einordnen kann (vgl. auch Haug & Leuders, 2009).

Das DGS als Animation

In der Mediendidaktik wird der Vorteil des Lernens mit Animationen vor allem beim Verständnis von Prozessen mit kontinuierlichen Veränderungen gesehen (Bétrancourt, 2005). Die Befunde hierzu sind tendenziell positiv aber nicht einheitlich (Höffler & Leutner, 2007). Dynamische Geometriensysteme erlauben eine solche kontinuierliche Darstellung von Prozessen und können - so die Sicht der Mathematikdidaktik - das „funktionalen Denken“ fördern (vgl. Klein & Schimmack, 1905). Entsprechende Lernumgebungen, bei denen das DGS als Animation eingesetzt wird (z.B. Miller & Ulm, 2006) wurden bislang allerdings weder mit explizitem Bezug zu mediendidaktischen Befunden konstruiert, noch fachspezifisch untersucht. Hier böten sich Gelegenheiten zur Verwendung von Erkenntnissen zur Mediengestaltung (principled design, z.B. Clark & Mayer, 2008). Neu ist der Ansatz von Kombartzky et al. (2009), die die Möglichkeit der Förderung von Strategien beim Lernen mit Animationen untersuchen (v.a. durch eine fokussierte Verarbeitung einzelner Einzelbilder aus einer Animation).

Das DGS als Simulation

Offener als Animationen sind Simulationen, die sich in der Mediendidaktik durch ein komplexes Wirkungsgefüge von Variablen, eine hohe Interaktivität und einen modellierenden Bezug zu realen Systemen (vgl. De Jong & van Joolingen, 1998) auszeichnen. In der Mathematikdidaktik findet man solche Lernumgebungen beispielsweise im Rahmen so genannter „black-boxes“ (Knipping & Reid, 2005; Haug, 2010). Hier müssen Lernende Zusammenhänge zwischen verschiedenen unabhängigen (manipulierbaren) und abhängigen (zu beobachtenden) Variablen untersuchen und zu Vermutungen bzw. neuen Konzepten gelangen. Der Unterschied zwischen Animationen und Simulationen liegt – mathematisch ausgedrückt - also gewissermaßen in der Dimensionalität des zu erkundenden Parameterraumes. Der modellierende Charakter ist speziell beim DGS weniger ausgeprägt. Man kann sich auf den ontologischen Standpunkt stellen, dass die im DGS konstruierten Objekte in einer platonischen Realität existieren, für die Epis-

temologie der kognitiven Prozesse im Umgang mit DGS spielt das allerdings keine Rolle. Für eine engere Verbindung zwischen Lehr-Lernforschung und mathematikdidaktischer Forschung könnte sich eine Untersuchung der selbstregulativen Prozesse als bedeutsam erweisen (Wirth & Leutner, 2006), oder auch eine Untersuchung der Förderung von Strategien, z.B. der Variablenkontrollstrategie (Klahr & Dunbar, 1988).

Das DGS als (dynamisches)Werkzeug

Die Möglichkeiten eines DGS gehen typischerweise über die Exploration von Animationen und Simulationen hinaus: Lernende können die Situation, die sie explorieren, mithilfe unterschiedlicher Werkzeuge selbst erstellen. Das DGS ist gewissermaßen ein Werkzeug zur Konstruktion von Simulationen. Diese wohl anspruchsvollste Ebene in der Arbeit mit DGS bedarf auf Seiten der Lernenden eine Vielzahl von Strategien und es verwundert nicht, dass die mathematikdidaktischen Befunde zur Effektivität dieser Lernformen am wenigsten überzeugen. An dieser Stelle soll die Diskussion wiederum auf die Frage eingengt werden, *welche* Strategien Lernenden hier helfen können.

Grundsätzlich benötigt werden Lernstrategien (Friedrich, 2000): Kognitive Strategien (Memorieren / Selektion / Elaboration / Transformation), Metakognitive Strategien (Planung / Überwachung / Regulation) und Stützstrategien (Motivation / Selbstmanagement). Sofern die Aufgabenstellung Problemlösecharakter besitzt, treten fachspezifische Problemlösestrategien (à la Polya) hinzu. Diese lassen sich z.T. auch als Beweisstrategien (z.B. Hilfslinien) verwenden und werden benötigt, wenn das DGS als Beweisfindungswerkzeug eingesetzt wird. Gerade für Lernende, die das DGS erstmals als offenes Werkzeug einsetzen, liegt es näher, zunächst einmal Erkundungsstrategien, also Strategien zum Auffinden und Prüfen von Zusammenhängen zu fördern. Nachfolgend soll dargestellt werden, wie diese Überlegungen zu einem konkreten Ansatz zur Förderung von Strategien mit dem DGS als dynamisches Werkzeug gefördert werden können.

3. Ein Modell der Strategieförderung

Wenn bei Lernenden Erkundungsstrategien wie z.B. das Verwenden von Hilfslinien, das Entdecken von Invarianten oder das Aufstellen von Vermutungen gefördert werden sollen, so kann dies durch eine direkte oder indirekte Förderung geschehen. Bei einer direkten Förderung üben Lernende zum Beispiel das „Entdecken von Invarianten“ mit Hilfe eines speziellen Trainingsprogramms. Dieses Training - so die Annahme - bietet die Voraussetzung, dass die Lernenden zu einem späteren Zeitpunkt beim Arbeiten mit einem DGS in der Lage sind, ihre erlernten Strategien wieder abzu-

rufen. Bei einer indirekten Förderung werden Erkundungsstrategien im Arbeitsprozess z.B. durch Prompts angeregt. Ein solches Strategietraining wurde zur DGS-gestützten Erarbeitung des Themas „Spiegelsymmetrie“ entwickelt.

In einer empirischen Interventionsstudie in der Hauptschule wurde ein Kontrollgruppendesign mit n=120 Schülerinnen und Schülern eingesetzt und in einem Pre-Post-Follow-up-Design die Entwicklung von Erkundungsstrategien (Invarianten erkennen / Hilfslinien verwenden / Vermutungen aufstellen) untersucht. Die Interventionsgruppe bearbeitete vorstrukturierte Leitfragen (z.B. „Ziehe an Punkt A und beobachte was passiert“ / „Beschreibe mindestens drei Fälle, bei denen etwas Besonderes passiert“) sowie Satzanfänge als Hilfestellung zur Dokumentation ihrer Lernprozesse innerhalb schriftlicher Lernprotokolle (vgl. Scaffolding- und Fadingprozesse, vgl. Rosenshine, Meister & Chapman, 1996). Die Lernenden arbeiteten dabei in Lernteams um Argumentations-, Diskussions- und Kooperationsprozesse anzustoßen.

Die Ergebnisse zwischen den einzelnen Messzeitpunkten zeigten bei allen drei Erkundungsstrategien einen signifikanten Haupteffekt. So konnten in fast allen getesteten Bereichen signifikante Lernzuwächse hinsichtlich der Erkundungsstrategien festgestellt werden. Bemerkenswert ist auch, dass diese Lernzuwächse nach sechs Monaten im Follow-up-Test bestehen blieben (Haug & Leuders, 2009; Haug, 2012). Die Studie konnte aufzeigen, dass die Förderung von Erkundungsstrategien ein wirksames Modell für das Lernen mit offenen Werkzeugen wie dem DGS darstellt. Beachtenswert ist hier, dass sich solche Effekte auch in Hauptschulklassen entfalten. Offensichtlich profitieren auch Lernende, die in der Regel Defizite bei der metakognitiven Steuerung von Lernprozessen haben, von einer solchen indirekten Förderung, die zudem den Vorteil hat, dass sie in die reguläre Erarbeitung von curricularen Inhalten eingebunden ist. Künftige Studien sollten weiteren Aufschluss geben, welche Varianten der Förderung (z.B. Einbeziehen auch der technischen Bedienung, komplexere Strategien usw.) ein erfolgreiches Lernen mit DGS ermöglichen.

Anmerkungen

Die empirische Arbeit, über die abschließend berichtet wird, fand im Rahmen des Forschungs- und Nachwuchskollegs „Lernen in digitalen Medienverbänden“ statt.

Literatur

Literatur zum Beitrag in der Langfassung Haug & Leuders (2012) unter <http://home.ph-freiburg.de/leudersfr/publikationen.htm>