

Ein interdisziplinäres Projekt zur Entwicklung und Erforschung digital unterstützter Lehr-Lern-Umgebungen für den Inhaltsbereich Raum und Form im MU der Primarstufe

Das von der Mathematik- und Informatikdidaktik initiierte Projekt (an den Standorten HU Berlin (Eilerts, Mathematik), WWU Münster (Höveler, Mathematik), U Paderborn (Schulte, Informatik) und PH Weingarten (Huhmann, Mathematik)) verfolgt das Ziel der interdisziplinären Entwicklung und Erforschung digital unterstützter Lehr-Lern-Umgebungen unter dem Primat der Fachdidaktik. Im Einzelnen geht es um (1) Entwicklung „digital unterstützender Elemente“ als Applikationen, (2) Empirische Untersuchung zu Erkenntnissen über Nutzung und Wirksamkeit und (3) Weiterentwicklung der digitalen Unterstützungselemente zum gezielten Entgegenwirken von Darstellungsflüchtigkeit. In diesem Beitrag werden Ergebnisse einer qualitativen Studie mit Drittklässlern zum Einsatz einer digital unterstützten Lernumgebung zu dem geometrischen Figurentyp Pentominos vorgestellt, die erste Erkenntnisse darüber liefert, wie der Darstellungsflüchtigkeit von Handlungsprozessen mit digitalen Elementen entgegengewirkt werden kann.

1. Theoretischer Hintergrund

Welche Potentiale digitalen Medien (Informations-, Lehr-Lern-, Spiel-, Werkzeug- und Programmier-Software; Kategorien nach Wollring, 2002) im Mathematikunterricht in der Primarstufe zukommen können, ist nach wie vor wenig geklärt (vgl. Krauthausen, 2012). Wir fokussieren die Bereiche Lehr-Lern- und Spielsoftware und verstehen sie nach Wollring (ebd.) als integrierte Bestandteile größerer Arbeitsumgebungen, an denen andere Medien und ggfs. mehrere Lernende in Kooperation beteiligt sind. Neben dem wohlverstandenen Umgang mit digitalen Medien stellt sich die Frage, wie fachliches Lernen durch sie bereichert werden kann. Die mathematikdidaktische Forschung identifiziert hierzu Potentiale digitaler Medien, die weithin erforscht werden müssen, um Antworten auf diese Frage zu finden. Bisher identifizierte Potentiale sind: Passung zwischen Handlung und mentaler Operation (vgl. Huhmann, 2013), Kognitive Entlastung (vgl. Chandler & Sweller, 1991), Synchronität und Vernetzung der Darstellungsebenen (vgl. Schmidt-Thieme & Weigand, 2015), Strukturierungshilfe und Multitouch-Technologie (vgl. Walter, 2018). Digital unterstütztes (Mathematik-)Lernen denken wir mit der Grundhaltung, ausgehend von Herausforderungen und Grenzen analogen Lernens, zu deren Überwindung und Erweiterung Potentiale für digitale Unterstützungselemente zu analysieren und darauf Entwicklung und Forschung zu basieren. Als eine zentrale Herausforderung analogen

Lernens identifizieren wir die Darstellungsflüchtigkeit von Prozessen und erkennen in ihrem Entgegenwirken ein weiteres Potential für digitale Medien. Die Darstellungsflüchtigkeit jeglicher Handlungs- und Denkprozesse stellt im Zusammenhang mit Aufmerksamkeit und kognitiver Belastung eine zentrale Herausforderung für Lernen und Lehren dar: Dort, wo die Dokumentation eines Prozesses fehlt, ist dieser nach der Durchführung nicht mehr präsent und wahrnehmbar. Er ist in seiner Darstellung flüchtig, kurz „darstellungsflüchtig“. Dies trifft ebenso für Mathematiklernen und -lehren zu: Aus jedem Handlungsprozess entsteht ein Produkt des Handelns, der Handlungsprozess selbst ist oft nicht mehr wahrnehmbar. Die dann fehlende Dokumentation erschwert die Kommunikation und Argumentation über Schritte des Handlungsprozesses, Intentionen des Handelns, Vorgehensweisen und Strategieentwicklungen sowie über den gesamten Prozess (vgl. Huhmann, ebd.). Die folgenden Aspekte kennzeichnen die besondere Herausforderung der Darstellungsflüchtigkeit analogen Mathematiklernens. Zugleich eignen sie sich als Potentiale zur Entwicklung digitaler Unterstützungen, um ihr entgegenzuwirken und die fragliche Wirkweise zu erforschen: a) Dokumentation von Prozessen, Zwischen- und Arbeitsprodukten, die individuelles Handeln wiederholt zur Analyse und Reflexion sowie zur weiteren konstruktiven Erkundung zugänglich machen (u. a. Wollring, 2007), b) Problemreduktion, um der Komplexität des Handelns und der Unübersehbarkeit möglicher Handlungs(ab)folgen entgegenzuwirken, c) Simultanität der Erzeugbarkeit möglicher Handlungsprodukte und d) Adaptive Rückmeldekulturen, die im Prozess individuellen Handelns und an diesem orientiert, kompetenzorientierte Rückmeldungen geben. Hiervon ausgehend lautet die übergeordnete Forschungsfrage: Wie kann mittels digitaler Medien der Darstellungsflüchtigkeit entgegengewirkt und den damit einhergehenden Herausforderungen im Mathematikunterricht der Primarstufe entsprochen werden?

2. Untersuchungsdesign

Das Projekt folgt dem Design-based research Ansatz (Gravemeijer & Cobb, 2006), da dieser systematisch Ziele auf der Entwicklungs- und der Forschungsebene, in Zyklen von Entwicklung, Erprobung und Weiterentwicklung, iterativ miteinander verbindet. Mit dem Lerngegenstand Pentominos sind mathematische Aktivitäten, wie z.B. das Finden aller Pentominos oder das Auslegen von Figuren verbunden, mit denen inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen gefördert werden: Begriffsentwicklung, Visuelle Wahrnehmung, Räumliches Denken, Entwicklung von Symmetrievorstellungen, mathematisches Kommunizieren über Vorgehensweisen, Argumentieren und Problemlösen (vgl. Koth & Grosser, 2010). Die Analyse möglicher Bearbeitungen analoger Auslegeaufgaben (z.B. 6×10 Rechteck) zeigt, dass

diese durch hohe Komplexität des Handelns und Unübersichtlichkeit möglicher Handlungs(ab)folgen beim Finden von Lösungen gekennzeichnet sind. Auch fehlt die Simultanität der Erzeugbarkeit möglicher Handlungsprodukte, die Dokumentation von Prozessen und adaptive Rückmeldekulturen, d.h. insgesamt liegt hohe Darstellungsflüchtigkeit vor. Auf Basis dieser besonderen Herausforderungen der analogen Lernumgebung wurden Anforderungen für digitale Unterstützungselemente formuliert und realisiert: Zu jeder Auslegefigur sind sämtliche Lösungen in der Software dokumentiert (z.B. 6x10 Rechteck, 2.339 Lösungen). Zudem existieren Bearbeitungshilfen: (1) Problemreduktion: Zerlegung in Teilprobleme, wobei die Pentominos je Teilproblem bekannt sind, (2) Sukzessive Vorgabe von Zielpositionen einzelner Pentominos und (3) Prüfen und Kennzeichnen positionierter Pentominos. Basierend auf der theoriegeleiteten Spezifizierung der Herausforderungen wurde die App „Pentominos“ im ersten Designzyklus entwickelt und im Rahmen explorativer, leitfadengestützter Paarinterviews mit 26 Drittklässlern hinsichtlich des Potentials und beobachtbaren Nutzens zum Entgegenwirken der Darstellungsflüchtigkeit analysiert. Die Studie erfolgte im Kreuzdesign, um Effekte durch die Reihenfolge verwendeter analoger und digitaler Materialien zu vermeiden. Die Interviewdauer lag bei 45-60 Minuten, die Auswertung erfolgte mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) und Grounded Theory (Glaser & Strauss, 1967).

3. Ergebnisse

Die Bearbeitungen in der analogen und digitalen Lernumgebung zeigen, dass medienunabhängig kein Kind das gegebene Problem lösen konnte. Hingegen eignet sich die Hilfefunktion (1) Drittelung des Problems als Problemreduktion bei Rechtecken sowohl in der analogen als auch digitalen Variante bei allen Kindern als eine wesentliche zielführende Hilfestellung. Grundsätzlich ist diese – entgegen der ausschließlich digitalen Hilfefunktionen (2) und (3), die bisher nicht im Untersuchungsfokus standen – sowohl analog als auch digital realisierbar. „Digital“ ist eine solche Problemreduktion für alle möglichen Lösungsvarianten per „Klick“ erzeugbar. „Analog“ ist diese Hilfestellung zwar generell ebenfalls möglich, aber für eine Realisierung sehr zeitaufwändig, somit nur für exemplarische Lösungen umsetzbar und damit nicht an die vom Lerner individuell begonnene Lösung adaptiert.

4. Konsequenzen

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass einem Aspekt der Darstellungsflüchtigkeit mittels der entwickelten digitalen Unterstützungselemente, hier der „Problemreduktion“, erfolgreich entgegengewirkt werden kann. Zur adaptiven Lernbegleitung konnten Entwicklungsbedarfe für die App ermittelt und

zur Weiterarbeit konkretisiert werden. Insbesondere scheint die Grundhaltung geeignet, ausgehend von den Herausforderungen und Grenzen analogen (Mathematik-) Lernens Potentiale für digitale Unterstützungselemente zu analysieren und darauf Entwicklung und Forschung zu basieren. Mit Blick auf den kontinuierlich expandierenden App-Markt bedarf es in diesem Sinne einer stets konstruktiv kritischen Sichtweise, die durch Forschung Antworten auf folgende Fragen liefert: Warum sollen Kinder in der Grundschule digital unterstützt Mathematik lernen? Welche Potentiale können digital unterstützte Lernumgebungen im Vergleich zu analogen Lernumgebungen beinhalten? Wie können digitale Lerngegenstände sinnvoll im Unterricht implementiert und integriert werden? – Wir stehen hier immer noch am Anfang ...

Literatur

- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*, 8, 293-332.
- Glaser, B. & Strauss, A. (1967). *The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*. New York: Aldine De Gruyter.
- Gravemeijer, K. & Cobb, P. (2006). Design research from a learning design perspective. In J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, & N. Nieveen (Eds.), *Educational Design Research*. London: Routledge, 17-51.
- Huhmann, T. (2013). *Einfluss von Computeranimationen auf die Raumvorstellungsentwicklung*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Koth, M. & Grosser, N. (2010). *Das Pentomino-Buch*. Seelze: Aulis Verlag.
- Krauthausen, G. (2012). *Digitale Medien im Mathematikunterricht der Grundschule*. Heidelberg: Springer-Spektrum.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Schmidt-Thieme, B. & Weigand, H. (2015). Medien. In: R. Bruder, L. Hefendehl-Hebeker, B. Schmidt-Thieme, & H. Weigand, (Eds.), *Handbuch der Mathematikdidaktik* (S. 461–490). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Walter, D. (2018). *Nutzungsweisen bei der Verwendung von Tablet-Apps: Eine Untersuchung bei zählend rechnenden Lernenden zu Beginn des zweiten Schuljahres*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Wollring, B. (2002). Notizen zum Einsatz von Rechnern und Software in der Schule. Zentrum für Lehrerbildung Kassel (Hrsg.): *Selbständiges Lernen mit Neuen Medien. Workshop der Studienwerkstätten für Lehrerbildung an der Universität Kassel*. Kassel Univ. Press 2002, S. 7-12.
- Wollring, B. (2007). Zur Kennzeichnung von Lernumgebungen für den Mathematikunterricht in der Grundschule. In: Kasseler Forschergruppe (Hrsg.), *Lernumgebungen auf dem Prüfstand. Bericht 2 der Kasseler Forschergruppe Empirische Bildungsforschung Lehren – Lernen – Literacy*, S. 9-26.