

Maximilian POHL, Essen

Die Struktur digitaler Mathematikschulbücher und deren Verwendung von Schülerinnen und Schülern

Schulbücher stellen – insbesondere im Mathematikunterricht – eines der wichtigsten Unterrichtsmedien dar, sowohl für die Lehrenden als auch für die Lernenden (Höhne, 2003). Dabei haben Schulbücher immer wieder Veränderungen hinsichtlich ihrer Konzeption erfahren müssen (Fuchs et al., 2014). In den letzten Jahren hat die Digitalisierung auch die Gestaltung von Mathematikschulbüchern beeinflusst, sodass nach und nach digitale Schulbücher veröffentlicht werden. Dabei können bei digitalen Schulbüchern durch ihre elektronische Eigenschaften Unterschiede in der Struktur und Zusammensetzung bestehen. Durch unterschiedliche digitale Schulbuchkonzepte kann sich darüber hinaus auch die Nutzung dieses Lehr- und Lernmediums im Kontext vom Lernen von Mathematik verändern. Eine Untersuchung der Struktur digitaler Mathematikschulbücher und deren Verwendung durch Lernende stehen daher im Fokus dieses Beitrags und des verfolgten Forschungsprojektes.

Theoretische Fundierung

Die Verwendung von digitalen Schulbüchern im Zusammenhang mit dem Lernen von Mathematik lässt sich aus einer konstruktivistischen Perspektive beleuchten. Auf der einen Seite interagieren Lernende mit dem digitalen Schulbuch, das einen mathematischen Inhalt vermittelt. Indem die Nutzerinnen und Nutzer also Strukturelemente (bspw. dynamische GeoGebra-Elemente; siehe Beispiel unten) auf eine gewisse Art und Weise verwenden (z. B. durch dynamisches Verschieben), schreiben sie diesen auch Nutzungsziele zu (z.B. Bearbeiten von Aufgaben). Auf der anderen Seite wirkt das Schulbuch aber auch auf die Lernenden ein, indem ihnen durch die angebotenen Inhalte und Strukturelemente gewisse Verwendungsweisen zur Verfügung gestellt werden. Aus diesem Grund wird von einer wechselseitigen Nutzung zu verschiedenen Zwecken gesprochen; das Artefakt ‚digitales Schulbuch‘ bildet sich in dem Nutzungsprozess zu einem Instrument zum Mathematiklernen. Diese gegenseitige Beeinflussung wird durch die Theorie der instrumentellen Genese (Rabardel, 1995) beschrieben und im Rahmen dieses Forschungsvorhabens als Rahmentheorie verstanden, mit der es möglich ist, die Schulbuchnutzung von Lernenden zu beschreiben.

Design und Methodologie

Das erste Ziel des Forschungsvorhabens besteht in der Analyse digitaler Mathematikschulbücher, um die Struktur und Zusammensetzung dieser neuen

Schulbuchkonzepte zu charakterisieren. Die Struktur von Schulbüchern setzt sich aus einer Kombination von verschiedenen Strukturelementen zusammen (z. B. Kasten mit Merkwissen, Aufgaben, Lehrtext). Um digitale Schulbücher auf ihre Struktur und ebendiese Strukturelemente zu untersuchen, wurden im Rahmen dieses Forschungsvorhabens digitale Schulbücher mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) analysiert.

Das zweite Ziel dieser Forschungsarbeit liegt in der Erforschung von Nutzungen digitaler Schulbücher durch Lernende. In der durchgeführten Studie arbeiteten Lernende einer fünften Klasse (Gymnasium, NRW) mit einem digitalen Schulbuch an iPads. Die Nutzungsdaten wurden durch halbstrukturierte, wissenschaftliche Interviews generiert, in denen die Lernenden sowohl in Einzel- als auch Partner- und Gruppenbefragungen arbeiteten. In der Auseinandersetzung mit Schulbuchinhalten beziehen sich die Lernenden einerseits auf Teile des digitalen Schulbuchs (i. e. die Strukturelemente); andererseits sind Aussagen und Handlungen auch mathematischer Natur und losgelöst vom Artefakt ‚digitales Schulbuch‘ charakterisierbar. Um diese Aussagen und Handlungen der Lernenden bezogen auf Teile des digitalen Schulbuchs oder auf mathematische Grundlagen zu rekonstruieren, bedarf es einer Analysemethode, die diese beiden Pole fokussiert. Die Theorie der semiotischen Vermittlung (Bartolini Bussi & Mariotti, 2008) ermöglicht dies durch eine soziosemiotische Perspektive auf Zeichen, die die Nutzerinnen und Nutzer während der Arbeit mit dem Artefakt ‚digitales Schulbuch‘ produzieren. Dabei wird zwischen Zeichen unterschieden, die sich explizit auf Inhalte des digitalen Schulbuchs beziehen und keinen mathematischen Bezug darstellen (Artefaktzeichen). Im Gegensatz dazu werden Aussagen und Handlungen der Lernenden, die ausschließlich mathematischer Natur sind (wie bspw. Definitionen, Hypothesen, Formeln), als Mathematikzeichen kategorisiert. Im Fokus der semiotischen Vermittlung – zwischen den beiden Polen Artefaktzeichen und Mathematikzeichen – stehen demgegenüber Drehpunktzeichen, bei denen es sich um Aussagen und Handlungen handelt, die sich gleichermaßen auf das Artefakt ‚digitales Schulbuch‘ und auf die Mathematik beziehen. Die Drehpunktzeichen charakterisieren demnach die wechselseitige Bezugnahme der Lehrenden auf Schulbuchinhalte und die Mathematik. Aus diesem Grund können diese Zeichen in einem nächsten Schritt durch den Blickwinkel der instrumentellen Genese beleuchtet werden.

Ergebnisse und Diskussion

Bezüglich der Struktur und Strukturelemente digitaler Mathematikschulbücher zeigt sich, dass zusätzlich zu den Strukturelementen aus gedruckten Schulbüchern (z. B. Kasten mit Merkwissen, Lehrtext) insbesondere die

Übungsaufgaben in verschiedenen dynamischen Formaten (Übungsaufgaben mit Zuordnungs-, Rechen- oder Notizcharakter sowie Explorationen) realisiert werden und verschiedene Möglichkeiten zur Kontrolle von Ergebnissen gegeben sind (Anzeigen der Lösung, Anzeigen des Lösungsweges, dynamische Überprüfung der Ergebnisse) (Pohl & Schacht, 2019).

Bezogen auf das o. g. empirische Forschungsziel bezüglich der Nutzung digitaler Mathematikschulbücher wird im folgenden Transkript die Verwendungsweise „explorativ-dynamische Konstruktion“ bzgl. des Umgangs mit einem Strukturelement eines digitalen Schulbuches anhand eines empirischen Beispiels aufgezeigt. Schüler Jan arbeitet mit einem Strukturelement, bei dem durch dynamisches Verschieben des Punktes *A* Positionen gefunden werden sollen, an denen das gepunktete und schraffierte Rechteck den gleichen Flächeninhalt besitzen (vgl. Abbildung 1). In der Bearbeitung zeigt sich, dass Jan durch die explorative Nutzung bzw. aufgrund der dynamischen Natur des Strukturelements neue Lösungen und Wege bei der Aufgabenbearbeitung entdeckt und somit zu neuen Lösungsansätzen gelangt. Das Ziel der Nutzung besteht somit in der Tätigkeit „Bearbeiten von Aufgaben“. In der folgenden Tabelle 1 wird ein Transkriptausschnitt und die Analyse mithilfe der semiotischen Vermittlung dargestellt.

	<p>1 [Jan verschiebt Punkt A in der interaktiven Grafik] (...) Aber man kann auch noch die [Jan verschiebt Punkt A vertikal] ehm</p> <p>2 Tiefe verändern (...) [verschiebt Punkt A nun vertikal und horizontal] (...) Also ich glaube, dass es auch noch 'nen Punkt gibt, wo die halt nicht beide gleich aussehen. (...) [W]ürde ungefähr so</p> <p>3 aussehen, wo man nicht auf den ersten Blick sehen könnte, dass die gleich groß sind, aber dass die Kästchenanzahl drinnen gleich ist.</p>	<p>AZ</p> <p>DZ</p> <p>MZ</p>
<p>Abb. 16: Gibt es Positionen des gemeinsamen Punktes <i>A</i>, bei denen die Flächeninhalte der beiden Rechtecke gleich groß sind?</p>		

Tab. 5 (rechts): Semiotische Analyse der Aufgabenbearbeitung (*Artefaktzeichen* (AZ), *Drehpunktzeichen* (DZ), *Mathematikzeichen* (MZ))

Anhand der semiotischen Analyse zeigt sich, dass Jan durch das dynamische Verschieben des gemeinsamen Punktes *A* (*Artefaktzeichen*; vgl. Tabelle 1, Turn 1-2, 2-4, 5-6) eine neue Idee entwickelt (*Drehpunktzeichen*; vgl. Tabelle 1, Turn 2-9,) und diese letztendlich auf mathematischer Basis weiter ausführt und begründet (*Mathematikzeichen*; vgl. Tabelle 1, Turn 10-13). Jan entwickelt somit aufgrund der dynamischen Verwendungsweise neue

Lösungsideen, was sich durch die wechselseitige Gerichtetheit auf Schulbuch und Mathematik – und demnach anhand der Drehpunktzeichen – zeigt. Die Drehpunktzeichen symbolisieren demzufolge sowohl schulbuch- als auch mathematikbezogene Aussagen und können daher vor dem Hintergrund der instrumentellen Genese beschrieben werden. Jan versucht, durch das Verschieben des Punktes Lösungen für die Aufgabe zu erhalten. Demzufolge verwendet er das Strukturelement zum „Bearbeiten von Aufgaben“ (Instrumentalisierung). Die Verwendungsweise (Instrumentierung) lässt sich hierbei als „explorativ-dynamische Konstruktion“ beschreiben, da Jan erst durch die dynamische Konstruktion verschiedener Rechteckgrößen zu einer mathematischen Aussage gelangt. Die dynamische Konstruktion findet somit innerhalb einer explorativen Verwendung des Strukturelements statt.

Fazit

Digitale Mathematikschulbücher beinhalte neue Strukturelemente, die aufgrund ihrer dynamischen Natur bei gedruckten Schulbüchern nicht realisierbar waren. Aufgrund dieser Verwendungsmöglichkeiten einer dynamischen Konstruktion entstehen bei den Lernenden neue Lösungsideen, sodass dynamische Strukturelemente die explorative „Bearbeitung von Aufgaben“ ermöglichen. Die zeichenorientierte Analyse der Nutzungen zeigte dabei eine Prävalenz der Drehpunktzeichen, die die wechselseitige Gerichtetheit auf das digitale Schulbuch und die Mathematik im Rahmen der instrumentellen Genese charakterisieren.

Literatur

- Bartollini Bussi, M. G. & Mariotti, M. A. (2008). Semiotic Mediation in the Mathematics Classroom: Artifacts and Signs after a Vygotskian Perspective. In L. D. English (Hrsg.), *Handbook of international research in mathematics education* (S. 746–783). Routledge.
- Fuchs, E., Niehaus, I. & Stoletzki, A. (2014). *Eckert. Expertise. Bd. 4: Das Schulbuch in der Forschung: Analysen und Empfehlungen für die Bildungspraxis*. V & R Unipress.
- Höhne, T. (2003). *Schulbuchwissen: Umrisse einer Wissens- und Medientheorie des Schulbuches*. Johann W. Goethe Universität.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12. überarb. Aufl.). Beltz.
- Pohl, M. & Schacht, F. (2019). How do Students Use Digital Textbooks? In S. Rezat, L. Fan, M. Hattermann, J. Schumacher & H. Wuschke (Hrsg.), *Proceedings of the Third International Conference on Mathematics Textbook Research and Development* (S. 38–44). Paderborn University Library.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies: Approche cognitive des instruments contemporains. Collection U Série Psychologie*. Armand Colin.