

Einleitung

*„Seine Wort’ und Werke
Merkt’ ich, und den Brauch,
Und mit Geistesstärke,
thu’ ich Wunder auch.“*

– Der Zauberlehrling (J. W. von GOETHE)

Lösungsbeispiele werden in der aktuellen mathematikdidaktischen Diskussion häufig mit überholten rezeptiven Lernmodellen konnotiert. Demnach bestünde das Lernen von Aufgabenlösungen im Nachahmen einzelner dargestellter Schritte bei der Bearbeitung strukturgleicher bzw. -ähnlicher Aufgaben. Inhaltliches Arbeiten auf begrifflicher Ebene, das Zusammenhänge und Querverbindungen zwischen mathematischen Konzepten aufbaut und Problembewusstsein entwickelt, bliebe aus. Nicht selten wird aus einer pädagogisch konstruktivistischen Perspektive argumentiert, dass „direkte Instruktion kein konstruktivistisches Lernen auslösen könne“ (REUSSER, 2006, S. 159).

Demgegenüber stehen ein Vielzahl psychologischer Forschungsergebnisse, die den Erfolg von Lösungsbeispielen vielfach replizieren konnten und sie als bei Lernenden beliebtes, besonders in frühen Lernphasen effektives Lernformat charakterisieren. Da diese Studien jedoch häufig technische Rechenfertigkeiten und resultierende messbare Lernerfolge untersuchen, können sie die oben aufgeführten Kritikpunkte nicht entkräften, sondern unterstreichen vielmehr den Ruf von Lösungsbeispielen als Mittel, mit dem Rechnen ohne Verständnis trainiert wird.

Die Wandlung des Mathematikunterrichts nach TIMSS und PISA stellt neue Anforderungen an Lehrende und Lernende. Neben fachlichen Inhalten sollen prozessbezogene mathematische Kompetenzen wie Problemlösen, Kommunizieren und Argumentieren ins Zentrum des Mathematikunterrichtes gerückt werden. Die Förderung solcher Kompetenzen mit Lösungsbeispielen ist bisher kaum untersucht.

Empirische Untersuchungen zeigen zudem, wie heterogen Klassen bzgl. der mathematischen Fähigkeiten und Kompetenzen ihrer Schülerinnen und Schüler zusammengesetzt sind. Ein kompetenzorientierter Mathematikunterricht muss auf diese individuellen Unterschiede eingehen, was angesichts stark ausgeprägter Heterogenität und hoher Klas-

senfrequenzen oftmals jedoch kaum gelingt. Für Mathematiklehrkräfte resultieren daraus komplexe und anspruchsvolle Anforderungen hinsichtlich der Unterrichtsgestaltung.

Eine Möglichkeit, der Problematik heterogener Lerngruppen zu begegnen, stellen selbstgesteuerte Lernphasen dar. Nimmt man den Lernenden für seinen eigenen Lernprozess mehr in die Verantwortung, so hofft man, ihn zu befähigen, seinen aktuellen Wissensstand mit angemessener Unterstützung selbst zu diagnostizieren und passend zu fördern. Dafür müssen den Schülerinnen und Schülern Lernumgebungen verfügbar gemacht werden, die es ihnen erlauben, ihrer Selbsteinschätzung entsprechend passende Materialien auswählen und bearbeiten zu können.

In individuellen Lernarrangements dürfen instruktionale Materialien nicht fehlen, da schwächeren Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit gegeben werden muss, Defiziten selbständig begegnen zu können. Es muss den Lernenden möglich sein, sich auch mit wenigen Vorkenntnissen in bestimmten Bereichen die nötigen Kompetenzen und das entsprechende Wissen anzueignen. Lösungsbeispiele sind hier aus mehreren Gründen geeignet:

- Die sinnvolle und aktive Bearbeitung von Lösungsbeispielen stellt nachweislich eine wirksame Form des Lernens dar;
- Lösungsbeispiele werden von Lernenden als hochrelevant angesehen, da die Lösung von Aufgaben für den Mathematikunterricht zentral ist;
- die dargestellten Aufgabenlösungen stellen konkrete Abläufe dar, die nicht kompliziert umschrieben werden müssen;
- viele Lernende bevorzugen Lösungsbeispiele gegenüber anderen instruktionalen Materialien.

Durch die technischen Möglichkeiten neuer Medien lassen sich statische Lösungsbeispiele mit dynamischen Elementen wie beispielsweise Animationen ausgestalten, um Prozesse, die in den Aufgabenlösungen eine Rolle spielen, angemessen abzubilden. Interaktive Schaltflächen, mit denen der Ablauf animierter Lösungsbeispiele beeinflusst werden kann, erhöhen zusätzlich die individuellen Verarbeitungsmöglichkeiten. Die Untersuchung von individuellen und differenzierenden Lernumgebungen stellt ein Forschungsdesiderat dar, welches sowohl in der Mathematikdidaktik als auch in der Instruktionspsychologie als hochrelevant angesehen wird.

Aus diesen teils kontroversen Annahmen bzw. Ergebnissen und dem Stellenwert individueller Fördermaßnahmen für den heutigen Mathematikunterricht ergibt sich das Forschungsinteresse dieser Arbeit:

In der vorliegenden Arbeit soll zum einen der Frage nachgegangen werden, inwieweit interaktive und animierte Lösungsbeispiele als instruktionale Elemente individueller selbstgesteuerter Lernumgebungen eingesetzt werden können. Zum anderen soll untersucht werden, wie Schülerinnen und Schüler mit solchen Lösungsbeispielen arbeiten, inwieweit dabei Kommunikations- und Argumentationsprozesse auf inhaltlicher Ebene auftreten und aktive Bearbeitungsprozesse beobachtbar sind.

Zur Beantwortung dieser Fragen wird eine empirische Studie durchgeführt, in der Schülerinnen und Schüler dreier sechster Klassen in individuellen Lernumgebungen arbeiten. Als inhaltlicher Schwerpunkt wird die elementare Bruchrechnung gewählt, da dies ein für Schüler anspruchsvolles und zugleich relevantes Thema darstellt, in dem die Ausbildung tragfähiger inhaltlicher Vorstellungen zentral für den Lernerfolg ist. In diesem inhaltlichen Bereich wurden viele Möglichkeiten untersucht, Fehlvorstellungen zu begegnen – das Lernen von animierten Lösungsbeispielen ist in diesem Zusammenhang bisher kaum berücksichtigt worden. Da jedoch insbesondere die Anknüpfung an Handlungsabfolgen und die Verknüpfung verschiedener Repräsentationsebenen zentrale Prinzipien für den Aufbau tragfähiger Vorstellungen zu Bruchzahlaspekten und Operationen darstellen, bieten Animationen vielversprechende Chancen für die Vermittlung grundlegender Kompetenzen der elementaren Bruchrechnung.

Im Vordergrund der Auswertung steht die Analyse von Argumentationen, metakognitiven Prozessen und Selbsterklärungen beim Lernen mit Lösungsbeispielen, um so näher zu untersuchen, inwieweit sich Lernprozesse durch animierte Lösungsbeispiele fördern und welche Muster sich bei deren Bearbeitung nachweisen lassen. Weiterhin soll die soziale Komponente des Lernens mit Lösungsbeispielen untersucht werden, da bisher kaum Forschungsergebnisse zur Bearbeitung solcher Formate in Paaren oder Gruppen vorliegen, soziale Aushandlungsprozesse jedoch integrale Bestandteile des Lernprozesses sind.

Die Auswertung der Daten wird auf drei Ebenen durchgeführt. (1) Aus einer globalen Perspektive sollen Leistungsverläufe nachgezeichnet und das Auswahl- und Arbeitsverhalten der Schülerinnen und Schüler untersucht werden. (2) Durch die Analyse der konkreten Bearbeitungsprozesse sollen Muster in der Anzahl und zeitlichen Verteilung von Argumentationen, metakognitiven Prozessen und Selbsterklärungen in den untersuchten Klassen nachgewiesen werden. (3) In Einzelfallstudien werden anschließend ausgewählte Lernprozesse detailliert geschildert und qualitativ ausgewertet.

Es soll letztendlich aufgezeigt werden, dass der eingangs beschriebene Widerspruch zwischen mathematikdidaktischer und instruktionspsychologischer Sicht nur ein scheinbarer ist und interaktive animierte Lösungsbeispiele zu einer aktiven Auseinandersetzung mit zentralen Konzepten und Vorstellungen der Bruchrechnung führen können. Weiterhin

soll nachgewiesen werden, dass solche Lösungsbeispiele anspruchsvolle Argumentationsprozesse anregen und als Elemente selbstgesteuerter Unterrichtsphasen wertvolle Beiträge zu einem individuell differenzierten Mathematikunterricht leisten können.

Gliederung der Arbeit: Im ersten Kapitel wird der Stand der Forschung in zentralen relevanten Bereichen zusammengefasst (Kapitel 1). Mit der Cognitive Load Theory wird ein Modell der Informationsverarbeitung dargestellt, das gleichzeitig Grundlage für Gestaltungsprinzipien instruktionaler Materialien ist. Im Zentrum des Forschungsinteresses stehen interaktive animierte Lösungsbeispiele, die in Abschnitt 1.2 vorgestellt werden. Anschließend wird in Abschnitt 1.3 auf Selbsterklärungen eingegangen, da der aktive Einsatz kognitiver Strategien beim Lernen mit Lösungsbeispielen zentral für den Erwerb flexibel einsetzbaren Wissens ist. Neben diesen lernerseitigen Prozessen stehen mathematische Argumentationsprozesse zwischen Schülerinnen und Schülern im Fokus der Arbeit. Sie stellen anspruchsvolle Tätigkeiten im Umgang mit mathematischen Inhalten dar, geben gleichzeitig Aufschluss über Charakteristika des Lernprozesses und zeigen, welche inhaltlichen Aspekte des Lösungsbeispiels von den Lernenden fokussiert werden. Zuletzt wird in Abschnitt 1.5 der Begriff des selbstgesteuerten Lernens thematisiert. Das Arbeiten in individuellen, selbstgesteuerten Lernumgebungen erfordert von den Schülerinnen und Schülern die Fähigkeit, ihren Lernprozess selbst zu regulieren und Verantwortung für diesen zu übernehmen, was vor dem Hintergrund individueller Diagnose und Förderung eine Schlüsselkompetenz für Lernende darstellt.

Im Anschluss an ein Fazit des Theorieteils wird das Forschungsinteresse, das in dieser Einleitung bereits skizziert wurde, präzisiert und in einzelne Teilfragen aufgegliedert, denen in einer empirischen Studie nachgegangen werden soll (Kapitel 2). Es folgen Ausführungen zur Wahl des Studiendesigns.

In Kapitel 3 werden die Anlage der empirischen Studie und die Erhebungsinstrumente beschrieben, deren Wahl sich aus dem Forschungsinteresse ableitet. Als Grundlage der Studie dient ein individuelles Lernarrangement, das elementare Konzepte und Grundvorstellungen der Bruchrechnung behandelt. Die inhaltliche Konzeption dieser Lernumgebung und die Gestaltung der einzelnen Materialien werden in Kapitel 4 näher erläutert. Weiterhin wird das detaillierte Skript eines animierten interaktiven Lösungsbeispiels vorgestellt und so die Umsetzung der gestalterischen Prinzipien illustriert.

Um allgemeine Charakteristika der Lernprozesse zu identifizieren, werden die Videodaten beider Computerklassen quantitativ ausgewertet. Dies geschieht auf der Basis von mehreren Categoriesystemen, deren Entwicklung anhand der theoretischen Grundlagen und der empirischen Daten in Kapitel 5 dargestellt wird. Die Auswertung konzentriert sich dabei auf die zeitliche Gestaltung der Lernprozesse und das Auftreten von Argumentationen, metakognitiven Prozessen und Selbsterklärungen.

Die Ergebnisse der Studie und deren Bedeutung für die Forschungsfragen werden in den darauffolgenden drei Kapiteln dargestellt und von Kapitel zu Kapitel detaillierter betrachtet. In Kapitel 6 werden globale Ergebnisse der drei untersuchten Klassen vorgestellt, um den Unterricht mit der entwickelten Lernumgebung bzgl. der Leistungsentwicklung, des Arbeitsverhaltens der Lernenden, der zeitlichen Gestaltung der Interventionsphase und des Gesprächsverhaltens zu beschreiben. In Kapitel 7 wird die Bearbeitung der interaktiven und animierten Lösungsbeispiele näher untersucht. Anhand von Analysen der Videodaten und detaillierter Untersuchungen einzelner Testitems sollen der Umgang mit dem Computer und die inhaltlichen Auseinandersetzungen bzgl. Selbsterklärungen und Argumentationen zwischen den Lernenden analysiert werden. Auf der Grundlage ausgewählter Transkripte der Interventionsphase werden in Kapitel 8 typische Aspekte der Bearbeitung interaktiver animierter Lösungsbeispiele und der Gespräche zwischen den Lernenden untersucht sowie Argumentationsprozesse im Detail analysiert.

Im letzten Kapitel 9 werden die Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst und im Hinblick auf die Forschungsfragen diskutiert, bevor abschließend vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse eine methodische Reflexion vorgenommen und Perspektiven aufgezeigt werden.

Selbstgesteuertes Lernen mit neuen Medien
Arbeitsverhalten und Argumentationsprozesse beim
Lernen mit interaktiven und animierten
Lösungsbeispielen

Salle, A.

2015, X, 345 S. 60 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-07659-7