

Stanislaw SCHUKAJLOW, Paderborn, André KRUG, Kassel

## **Multiple Lösungen beim Modellieren: Wirkungen auf Leistungen, kognitive Aktivierung, Kontrollstrategien, Selbstregulation, Interesse und Selbstwirksamkeit**

Im DFG-Projekt MultiMa (Multiple Lösungen im selbständigkeitsorientierten Mathematikunterricht) wird die Entwicklung von multiplen Lösungen bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben untersucht. Themenfelder des Projekts umfassen

- theoretische Studien zur Wirkung von multiplen Lösungen bei mathematischen Aufgaben (Schukajlow & Blum, 2011),
- Umgang der Lernenden mit realitätsbezogenen Aufgaben, die mehrere Lösungen zulassen (Schukajlow & Krug, in press) und
- Entwicklung sowie empirisch fundierte Evaluation der Lernumgebungen zu Modellierungsaufgaben, in denen das Erstellen von mehreren Lösungen gefördert und gefordert wird.

Im vorliegenden Beitrag berichten wir über die Anlage und erste Ergebnisse einer experimentellen Feldstudie, in der Wirkungen von multiplen Lösungen auf kognitive, strategische und motivational-affektive Merkmale untersucht wird.

### **Modellierungskompetenz, Strategien, Selbstwirksamkeit und Interesse**

Modellierungskompetenz ist eine komplexe Fähigkeit, die aus verschiedenen Teilaktivitäten besteht. Die vorliegenden Forschungsergebnisse deuten an, dass Modellieren besser in selbständigkeitsorientierten Lernumgebungen gefördert wird (Schukajlow et al., 2009). Da die Steigerung in der Modellierungskompetenz normativ nicht befriedigend erscheint, wird nach weiteren Fördermöglichkeiten gesucht. Eine solche Möglichkeit besteht in der Entwicklung von mehreren Lösungen zu einer gegebenen Aufgabe, welche das tiefergehende Durcharbeiten des Lerngegenstands ermöglichen, das vorhandene Wissen flexibilisieren und eine kognitive Aktivierung positiv beeinflussen kann. Von vielen theoretisch denkbaren Lösungsvarianten beim Bearbeiten von Modellierungsaufgaben werden in derzeitiger Projektphase solche multiple Lösungen untersucht, die durch das Treffen von Annahmen über fehlende Angaben entstehen.

Neben den Veränderungen im kognitiven Bereich stehen auch die Wirkungen der multiplen Lösungen auf strategische und motivational-affektive Merkmalen von Lernenden im Mittelpunkt des Projekts. Unter den metakognitiven Strategien wird der Kontrolle der Lösung und der Selbstregu-

lation eine wichtige Rolle zugeschrieben. Die Entwicklung der zweiten Lösung bietet die Gelegenheit an, beide Lösungen gegenüberzustellen und diese wechselseitig zu prüfen. Durch dieses Vorgehen kann die Anwendung von Kontrollstrategien stimuliert werden. Eine bedeutende Voraussetzung der Leistungssteigerungen beim Modellieren in selbständigkeitsorientierten Lehr-Lernformen ist die Schüler-Selbstregulation (Schukajlow et al., 2009). Die Selbstregulation profitiert bei der Entwicklung von multiplen Lösungen zum einen von der häufigeren Anwendung der Kontrollstrategien, die eine wichtige Rolle in Modellen des selbstgesteuerten Lernens spielen. Zum anderen kann die Selbstregulation durch das Treffen von Annahmen und der damit zusammenhängenden individuellen Zielsetzung gesteigert werden. Selbstwirksamkeit und Interesse werden in den letzten Dekaden immer häufiger als Prädiktoren der Leistungsentwicklung oder auch als eigenständige Ziele des Mathematikunterrichts diskutiert (Schukajlow et al., 2012; Zan, Brown, Evans, & Hannula, 2006). Die Entwicklung mehrerer Lösungen kann die Überzeugung, eine Aufgabe bearbeiten zu können, steigern und Interesse an Mathematik erhöhen.

In der vorliegenden Studie wird angenommen, dass die Entwicklung von multiplen Lösungen einen positiven Einfluss auf Modellierungskompetenz, kognitive Aktivierung, Selbstregulation, Kontrollstrategien, Selbstwirksamkeit und Interesse der Schüler hat.

### **Untersuchungsbedingungen, Messinstrumente und Stichprobe**

Auf der Basis des empirisch erprobten, selbständigkeitsstimulierenden „operativ-strategischen“ Unterrichts wurden zwei Lernumgebungen entwickelt. In einer Lernumgebung (ML) haben Schüler offene Modellierungsaufgaben zum Satz des Pythagoras bearbeitet und sollten zwei Lösungen zu jeder Aufgabe entwickeln (siehe eine Beispielaufgabe bei Schukajlow & Krug, in press). In der anderen Lernumgebung (EL) wurden Lernenden geschlossene Aufgaben vorgelegt, die bis auf die Festlegung aller für die Lösung notwendigen Informationen identisch zu den offenen Aufgaben der Gruppe ML waren. Der Unterricht hat insgesamt 5 Schulstunden gedauert und wurde umrahmt von jeweils 90-minütigen Vor- und Nachtest. An der Untersuchung haben 6 Realschulklassen aus der Jahrgangsstufe 9 teilgenommen. Jede Klasse wurde leistungs- und geschlechtshomogen in zwei gleichgroße Gruppen aufgeteilt. In einer Gruppe wurde die ML- und in der anderen EL-Bedingung implementiert. Der Unterricht wurde von 4 erfahrenen Lehrkräften erteilt, die vor der Unterrichtseinheit geschult wurden. Jede Lehrkraft hat die gleiche Anzahl von ML- und EL-Gruppen in einer Schule unterrichtet, so dass der Einfluss der Lehrkraft in beiden Experimentallgruppen konstant gehalten wurde.

Die Modellierungskompetenz wurde dreidimensional operationalisiert. Die erste Dimension enthielt Items, die den gesamten Modellierungsprozess erfassen und die Identifikation von notwendigen und überflüssigen Angaben erfordern. Die zweite und dritte Dimension waren „Auswahl wichtiger Informationen“ (Leiss, Schukajlow, Blum, Messner, & Pekrun, 2010) und innermathematisches Arbeiten zum Satz des Pythagoras. Im Vor- und Nachtest hat ein Schüler verschiedene Aufgaben gelöst, die durch eine gemeinsame Skalierung auf einer Skala abgebildet wurden. Kognitive Aktivierung, Strategien, Selbstwirksamkeit und Interesse wurden mit Hilfe einer 5-stufigen Likert-Skalen erfasst. Die Testitems sowie Fragebogenskalen wurden aus verschiedenen Untersuchungen übernommen und z.T. adaptiert. Die Reliabilitäten des Leistungstests und der Befragungen lagen im befriedigenden bis sehr guten Bereich.

## **Ergebnisse**

Zur Kontrolle der Umsetzung des Treatments wurden Befragungen eingesetzt und Beobachtungen des Unterrichts durchgeführt. Es zeigte sich, dass Schüler im Durchschnitt deutlich mehr Lösungen in der ML- als in der EL-Gruppe entwickeln.

Der Vergleich von Schülerleistungen deutet große Zuwächse von Vor- zum Nachtest in beiden Gruppen an. In der Gruppe „multiple Lösungen“ zeigen sich – so die ersten Ergebnisse – tendenziell bessere Leistungen im Posttest bei der Modellierungskompetenz unter Kontrolle des Vortests. In den Dimensionen „Identifikation wichtiger Informationen“ und „technisches Arbeiten“ wurden keine Unterschiede beobachtet. Die kognitive Aktivierung war deutlich höher in der Unterrichtsbedingung, in der mehrere Lösungen entwickelt wurden.

Keine Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen wurden in der Schüler-Selbstwirksamkeit beobachtet. Unter Berücksichtigung des Vortests geben Lernende im Nachtest in der ML-Gruppe an, häufiger Kontrollstrategie anzuwenden. Sie berichten zudem über höhere Selbstregulation und stärkeres Interesse an Mathematik. Somit erscheint die Lernumgebung, in der jeder Lernende aufgefordert wird, mehrere Lösungen durch das Treffen von Annahmen zu gegebenen Aufgaben zu entwickeln, in einigen Merkmalen vergleichbar gut und in anderen signifikant besser zu sein.

Offene Forschungsfragen umfassen u.a. Untersuchungen der Wirkungen von multiplen Lösungen, welche durch das Anwenden verschiedener mathematischer Verfahren entwickelt werden. Eine aktive Förderung der Vernetzung mathematischer Inhalte, wie sie durch die Entwicklung mehrerer mathematischer Lösungen beim Modellieren realisiert werden kann, würde

weitere Anhaltspunkte zur Steigerung der Modellierungskompetenz und zur Verbesserung Schüler-Einstellungen und -Überzeugungen zu Mathematik geben.

## **Literatur**

- Leiss, D., Schukajlow, S., Blum, W., Messner, R., & Pekrun, R. (2010). The role of the situation model in mathematical modelling – task analyses, student competencies, and teacher interventions. *Journal für Mathematikdidaktik*, 31(1), 119-141.
- Schukajlow, S., & Blum, W. (2011). Zur Rolle von multiplen Lösungen in einem kompetenzorientierten Mathematikunterricht. In K. Eilerts, A. H. Hilligus, G. Kaiser & P. Bender (Eds.), *Kompetenzorientierung in Schule und Lehrerbildung - Perspektiven der bildungspolitischen Diskussion, der empirischen Bildungsforschung und der Mathematik-Didaktik*. Festschrift für Hans-Dieter Rinkens (pp. 249-267). Münster: LIT Verlag.
- Schukajlow, S., Blum, W., Messner, R., Pekrun, R., Leiss, D., & Müller, M. (2009). Unterrichtsformen, erlebte Selbständigkeit, Emotionen und Anstrengung als Prädiktoren von Schüler-Leistungen bei anspruchsvollen mathematischen Modellierungsaufgaben. *Unterrichtswissenschaft*, 37(2), 164-186.
- Schukajlow, S., & Krug, A. (in press). Considering multiple solutions for modelling problems - design and first results from the MultiMa-Project. In W. Blum, J. Brown, G. Kaiser & G. Stillman (Eds.), *Proceedings of ICTMA15*. Heidelberg: Springer.
- Schukajlow, S., Leiss, D., Pekrun, R., Blum, W., Müller, M., & Messner, R. (2012). Teaching methods for modelling problems and students' task-specific enjoyment, value, interest and self-efficacy expectations. *Educational Studies in Mathematics*, 79(2), 215-237.
- Zan, R., Brown, L., Evans, J., & Hannula, M. S. (2006). Affect in Mathematics Education: An Introduction. *Educational Studies in Mathematics*, 63(2), 113-122.