

Stanislaw SCHUKAJLOW, André KRUG, Paderborn

Planung, Kontrolle und multiple Lösungen beim Modellieren

1. Einleitung

Die Entwicklung mehrerer Lösungen und Repräsentationen zu einem mathematischen Problem wird als Merkmal eines guten Unterrichts angesehen und gehört zu den Unterrichtsstandards in verschiedenen Ländern (NCTM, 2000; Neubrand, 2006). Eine lerntheoretische Begründung zur positiven Wirkung der Erstellung von mehreren Lösungen auf Lernen stützt sich auf konstruktivistisch orientierte Lehr-Lerntheorien und Konzeptionen wie die *cognitiv flexibility theory* (Spiro, Coulson, Feltovich, & Anderson, 1988) oder die *Handlungstheorie* (Aebli, 1980). Vereinzelt vorliegende empirische Erkenntnisse aus methodisch kontrollierten Studien bestätigen zwar mehrheitlich eine förderliche Wirkung der Entwicklung multipler Lösungen auf Leistungen (Große & Renkl, 2006; Rittle-Johnson & Star, 2007), jedoch haben diese Studien sequentielle Bearbeitung von zwei Lösungen mit der Vermittlung von zwei Lösungen an einer Aufgabe verglichen. Aus diesem Grund bleibt es ungeklärt, ob die Behandlung mehrerer Lösungen im Vergleich zu Behandlung einer Lösung Vorteile im Leistungsbereich bringt. Ferner wurde der Einfluss von multiplen Lösungen auf strategische und motivational-affektive Merkmale von Lernenden bisher kaum erforscht. An diesen Forschungslücken setzt das von der DFG geförderte Projekt MultiMa (Multiple Lösungen im selbständigkeitsorientiertem Mathematikunterricht) an. Gegenstand der Untersuchung ist die Modellierungskompetenz am Ende der Sekundarstufe I. Das Projekt teilt sich in zwei Phasen. In der ersten Phase wurden multiple Lösungen untersucht, die durch Annahmen über fehlende Angaben entstehen. In der zweiten Phase stehen multiple Lösungen im Mittelpunkt, die durch die Anwendung verschiedener mathematischer Verfahren erstellt werden können. Ergebnisse der ersten Projektphase deuten auf positive Wirkungen der Behandlung von multiplen Lösungen auf Selbstregulation, Interesse und Präferenzen für die Bearbeitung von Aufgaben mit mehreren Lösungen (Schukajlow & Krug, 2012a, 2012b, 2013). In diesem Beitrag berichten wir über eine experimentelle Studie, in der Einfluss der Behandlung und der Entwicklung multipler Lösungen auf metakognitive Aktivitäten Planung und Kontrolle untersucht wurde.

2. Planung und Kontrolle

Kognitive und metakognitive Aktivitäten sind von Bedeutung für einen effektiven Lernprozess und speziell für eine erfolgreiche Aufgabenbearbeitung. Der Zusammenhang zwischen Kognition und Metakognition

beschreiben Garofalo und Lester (1985, S. 164) wie folgt: "... cognition is involved in doing, whereas a metacognition is involving in planning and choosing what to do and monitoring what is being done". Flavel (1979, S. 232) schreibt zu Metakognition: "'Metacognition' refers to one's knowledge concerning one's own cognitive processes and products or anything related to them ...". Neben Selbstregulation gehören Planung und Kontrolle zu metakognitiven Aktivitäten.

Planung und Kontrolle spielen eine wichtige Rolle in den Beschreibungen von Problemlöseprozessen. Schon die vierschrittige Beschreibung der Bearbeitung eines Problems von Pólya enthält als Bestandteile u.a. die Entwicklung und Ausführung eines Plans (divising and carrying out a plan) sowie die Überprüfung der Lösung (looking back) (Pólya, 1948). Ähnlich haben Garofalo und Lester (1985) Planung und Kontrolle in die Liste von Aktivitäten aufgenommen, die bei der Bearbeitung eines schwierigeren Problems helfen können.

Ergebnisse aus korrelativen und experimentellen Studien bestätigen die Bedeutung von metakognitiven Aktivitäten beim Lernen (siehe Überblick z.B. bei Schneider & Artelt, 2010). Ein Beispiel zur positiven Wirkung von Metakognition auf Leistungen stellt das Programm (IMPROVE) dar, welches Fragen zur Stimulierung von Planung und Kontrolle bei der Aufgabebearbeitung enthielt (Kramarski, Mevarech, & Arami, 2002).

3. Forschungsfragen und Methode der Studie

Die Bearbeitung von Aufgaben mit multiplen Lösungen legt eine bewusste Planung der Lösungsprozesse nah und stimuliert eine Kontrolle der Ergebnisse. Eine Planung ist am Anfang des Lösungsprozesses notwendig, um multiple Lösungsmöglichkeiten zu identifizieren. Kontrolle kann durch einen Vergleich von mehreren erstellten Lösungen angeregt werden. Erwartet werden Effekte der *Behandlung* von Modellierungsaufgaben mit multiplen Lösungen wie auch positive Wirkungen der *Entwicklung* mehrerer Lösungen auf Planung und Kontrolle.

Hypothesen der Studie lauten:

1. Behandlung mehrerer Lösungsmöglichkeiten im Unterricht mit Modellierungsaufgaben führt gegenüber einem Unterricht, in dem nur auf eine Lösung hingearbeitet wird, zu häufigerer Planung und Kontrolle bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben.
2. Schüler, die im Unterricht mehr Lösungen entwickeln, berichten nach der Unterrichtseinheit häufiger über Planung und Kontrolle bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben.

138 Realschüler aus 6 Klassen der Jahrgangsstufe 9 haben an der Untersuchung teilgenommen. Jede teilnehmende Klasse wurde leistungs- und geschlechtsheterogen in zwei Teile separiert und in zwei getrennten Räumen 5 Schulstunden lang mit Hilfe von Parallelaufgaben mit und ohne multiplen Lösungsmöglichkeiten unterrichtet. Die Lehrkräfte wurden gleichmäßig auf die Untersuchungsbedingungen aufgeteilt, so dass der Einfluss ihrer Persönlichkeit zwischen Bedingung nicht unterschieden hat.

Planung und Kontrolle wurde mit Hilfe von Befragungen vor und nach der Unterrichtseinheit durchgeführt. Die beiden Likert-Skalen wurden aus einer anderen Studie übernommen (Schukajlow & Leiss, 2011) und zeigten befriedigende bis sehr gute Reliabilität. Die Anzahl der entwickelten Lösungen wurde im Rahmen einer aufgabenbezogener Befragung während des Unterrichts erhoben. Schüler habe dabei angegeben, wie viele Lösungen sie zu einer Unterrichtsaufgabe entwickelt haben.

4. Ergebnisse und Diskussion

Die Überprüfung der ersten Hypothese erfolgte mit Hilfe der Kovarianzanalyse (ANCOVA; unabhängige Variable: Unterrichtsbedingung, abhängigen Variablen Planung bzw. Kontrolle im Posttest; Kovariaten: Planung bzw. Kontrolle im Pretest). In der Gruppe „multiple Lösungen“ berichteten Schüler im Posttest unter Kontrolle des Pretests über häufigere Planung und Kontrolle der Lösung bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben mit Effektstärken Eta-Quadrat von .03 für Planung und .08 für Kontrolle. Somit zeigen sich Effekte der Behandlung von multiplen Lösungen beim Modellieren auf untersuchte metakognitiven Strategien.

Die zweite Hypothese wurde unter Anwendung der linearen Regression überprüft. Abhängige Variablen waren Planung bzw. Kontrolle im Posttest und unabhängige Merkmale entsprechende Konstrukte im Vortest sowie die Anzahl der entwickelten Lösungen im Unterricht. Wie angenommen hatten Planung bzw. Kontrolle im Vortest sowie die Anzahl der entwickelten Lösungen einen auf dem 5% Niveau signifikanten, positiven Einfluss auf die metakognitive Aktivitäten im Posttest. Regressionskoeffizient für die Anzahl der Lösungen betrug für Planung .24 und für Kontrolle .19. Die Anzahl der entwickelten Lösungen konnte somit einen signifikanten Beitrag zur Varianzaufklärung in metakognitiven Aktivitäten Planung und Kontrolle im Posttest leisten. Eine detaillierte Beschreibung der vorliegenden Studie ist im Beitrag von Schukajlow und Krug (Schukajlow & Krug, 2013, in press) zu finden.

5. Literatur

- Aebli, H. (1980). *Denken: das Ordnen des Tuns*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, 906-911.
- Garofalo, J., & Lester, F. K., Jr. (1985). Metacognition, Cognitive Monitoring, and Mathematical Performance. *Journal for Research in Mathematics Education*, 16, 163-176.
- Große, C. S., & Renkl, A. (2006). Effects of multiple solution methods mathematics learning. *Learning and Instruction*, 16(2), 122-138.
- Kramarski, B., Mevarech, Z. R., & Arami, M. (2002). The effects of metacognitive instruction on solving mathematical authentic tasks. *Educational Studies in Mathematics*, 49(2), 225-250.
- NCTM. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- Neubrand, M. (2006). Multiple Lösungswege für Aufgaben: Bedeutung für Fach, Lernen, Unterricht und Leistungserfassung. In W. Blum, C. Drüke-Noe, R. Hartung & O. Köller (Eds.), *Bildungsstandards Mathematik: konkret. Sekundarstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichts Anregungen, Fortbildungsideen* (pp. 162-177). Berlin: Cornelsen.
- Pólya, G. (1948). *How to solve it a new aspect of mathematical method*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Rittle-Johnson, B., & Star, J. R. (2007). Does comparing solution methods facilitate conceptual and procedural knowledge? An experimental study on learning to solve equations. *Journal of Educational Psychology*, 99(3), 561-574.
- Schneider, W., & Artelt, C. (2010). Metacognition and mathematics education. *ZDM - The International Journal on Mathematics Education*, 42(2), 149-161.
- Schukajlow, S., & Krug, A. (2012a). Effects of treating multiple solutions on students' self-regulation, self-efficacy and value. *Proceedings of the 36th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, pp. 59-66). Taipei, Taiwan: PME.
- Schukajlow, S., & Krug, A. (2012b). Multiple Lösungen beim Modellieren: Wirkungen auf Leistungen, kognitive Aktivierung, Kontrollstrategien, Selbstregulation, Interesse und Selbstwirksamkeit. In M. Kleine & M. Ludwig (Eds.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2011*.
- Schukajlow, S., & Krug, A. (2013). *Uncertainty orientation, preferences for solving tasks with multiple solutions and modelling*. Paper presented at the CERME 8, Antalya, Turkey.
- Schukajlow, S., & Krug, A. (2013, in press). *Planning, monitoring and multiple solutions while solving modelling problems*. Paper presented at the Proceedings of the 37th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Kiel, Germany.
- Schukajlow, S., & Leiss, D. (2011). Selbstberichtete Strategienutzung und mathematische Modellierungskompetenz. *Journal für Mathematikdidaktik*, 32(1), 53-77.
- Spiro, R. J., Coulson, R. L., Feltovich, P. J., & Anderson, D. K. (1988). Cognitive Flexibility theory: Advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. *The tenth annual conference of the cognitive science society* (pp. 375-383). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.