Carola BERNACK[1], Lars HOLZÄPFEL[1], Timo LEUDERS[1], Alexander RENKL[2], [1] Pädagogische Hochschule Freiburg, [2]Universität Freiburg

„Ich muss noch mehr Beispiele erproben" – Entwicklung eines Analyseverfahrens zur quantitativen Evaluation offener Problemlöseprozesse

In der Diskussion zu Bedingungen und Ergebnissen der Lehrerbildung finden zunehmend fachspezifische Aspekte professioneller Kompetenz Beachtung. Dazu gehören neben dem Fachwissen auch fachspezifische übergreifende Kompetenzen wie Problemlösekompetenz sowie Überzeugungen zum Fach (Beliefs). Lehrer, die eine konstruktivistische Sicht auf das Lehren und Lernen einnehmen sollen, müssen Mathematik als Problemlösen schon in ihrer Ausbildung erfahren (Schoenfeld, 1992). Von reflexiven Problemlöseseminaren, in denen die Teilnehmer offene Probleme bearbeiten und ihr Vorgehen sowie ihre Beliefs reflektieren, wird berichtet, dass sie diese Ziele haben und erreichen (z.B. DeBellis & Rosenstein, 2004; Lijedahl, Rösken & Rolka, 2007). Im Projekt ForMat – Forschende Mathematiklehrer – fokussieren wir hauptsächlich auf die Beliefänderung der Studierenden (Bernack, Holzäpfel, Leuders, & Renkl, 2011). Es eröffnet sich auch die Möglichkeit, die Problemlöseprozesse der Studierenden zu beschreiben und Veränderungen in ihrer Qualität festzustellen, die mit dem Seminarkonzept zusätzlich angestrebt wird. Hierbei handelt es sich um ausführliche, explorative Problembearbeitungen an, die einem ‚quasi-experimentellen' Vorgehen ähneln, sodass es sich anbietet den Kodierleitfaden zum innermathematischen Experimentieren von Leuders, Naccarella & Philipp (2011) darauf anzuwenden. Dieser erlaubt sehr detaillierte Analysen mit einer Vielzahl an Kodes, sodass für eine quantitative Erfassung einer großen Anzahl an Problembearbeitungen ein darauf basierendes Analyseverfahren entwickelt werden musste. In diesem Beitrag beantworten wir die Frage, inwieweit sich der Kodierleitfaden zum innermathematischen Experimentieren auf die vorliegenden Bearbeitungen anwenden lässt und ob es möglich ist ein quantitatives und reliables Analyseverfahren zu entwickeln.

1. Theoretischer Hintergrund: Problemlösen und innermathematisches Experimentieren

Die im Seminar eingesetzten Probleme erfordern ein geringes fachliches Vorwissen und sollen es den Teilnehmern ermöglichen sich selbst als Mathematiktreibende zu erfahren, sodass z.B. der gezielte Erwerb bestimmter Strategien nicht im Vordergrund steht. Die Probleme haben einen stark explorierenden Charakter und sind rein innermathematisch. Durch diese Art der Problemstellung und -bearbeitung ist Polyas lineares Modell (Polya, 1949) zur Beschreibung eher ungeeignet. Ein Modell, das eine genauere Beschreibung des Vorgehens bei solchen Problemstellungen liefert, ist das zum innermathematischen Experimentieren von Leuders et al. (2011). Es basiert u.a. auf der Theorie von Polya (1954) zum induktiven Schließen und auf Scientific Discovery as Dual Search (Klahr & Dunbar, 1988). Leuders et al. (2011) entwickelten innerhalb dieser Theorie durch eine Interviewstudie mit Schülern einen empirisch abgesicherten Kodierleitfaden. Hierbei konnten typische Prozesse (Kodes) identifiziert werden, die sich zu vier Kodefamilien zusammenfassen lassen: Beispiele, Hypothesen, Ordnung/ Struktur und Hypothesenprüfung.

2. Forschungsfragen

Mit Bezug auf die in der Interviewstudie von Leuders et al. (2011) entwickelten Kodes stellt sich unsere erste Frage:

(1) Inwieweit können diese Kodes für die schriftlichen Bearbeitungen in der vorliegenden Studie genutzt werden, um die dortigen Problemlöseprozesse zu beschreiben?

Um eine größere Menge an Bearbeitungen auf dieser Basis quantitativ vergleichbar auswerten zu können schließt sich dann die zweite Frage an.

(2) Ist es möglich ein reliables Analyseverfahren zu entwickeln, um quantitativ die zentralen Merkmale der Problemlöseprozesse zu messen?

3. Vorstellung der Studie

Die Studie fand in verschiedenen Prä-Post-Designs einmal jährlich von 2009 bis 2011 statt. Die Studierenden der PH Freiburg (vornehmlich Lehramt Grundschule, Semester 3-5) bearbeiteten die Probleme ohne inhaltliche Unterstützung der Dozenten. Dabei dokumentierten sie ihren gesamten Problemlöseprozess mit allen Ideen, Gefühlen und Gedanken in einem sogenannten „Forschungsheft". Die Dokumentation umfasst in der Regel ca. zehn Seiten pro Problem. Zusätzlich wurden sie zur Reflexion des Problemlöseprozesses zu Ende jedes Problems aufgefordert. Die Entwicklung des Leitfadens fand mit den Daten der Pilotstudie im Jahr 2009 (N=48) und teilweise mit den Daten aus Hauptstudie 2011 (N=78) statt (Bernack et al. 2011).

4. Anwendung des Kodierleitfadens „Mathematisch Experimentieren"

Um die Frage (1) zu beantworten, wurden sechs Bearbeitungen nach dem Kodierleitfaden kodiert. Dabei zeigte sich, dass sich die Kodes zum Mathematischen Experimentieren durchgehend anwenden lassen und somit eine Möglichkeit bieten, diese Prozesse detailliert zu beschreiben. Es konnten alle Kodefamilien identifiziert werden. Zusätzlich fanden sich jedoch Sinneinheiten, denen kein Kode zugewiesen werden konnte. Diese hatten reflexiven, planenden und kommentierenden Charakter. Diese zusätzliche Kategorie könnte sich aus dem schriftlichen Charakter der Bearbeitung und der Aufforderung, alles Aufzuschreiben ergeben. Zudem enthalten andere Modelle zum Problemlösen meist eine metakognitive Komponente (z.B. Schoenfeld, 1992).

5. Entwicklung eines Ratingverfahrens zur quantitativen Analyse

Um nun die vorhandene Stichprobe quantitativ und reliabel vergleichbar zu analysieren, wurde aufbauend auf dem obigen Kodierleitfaden zum mathematischen Experimentieren und den Ergebnissen der ausführlichen Analyse ein Ratingverfahren entwickelt. Im ersten Schritt werden die Bearbeitungen in Sinneinheiten [SE] eingeteilt, denen die folgenden vier Kategorien zugeordnet werden: Beispiel, Beschreibung, Vermutung, Metakognition. Zur Überprüfung der Übereinstimmung der drei eingesetzten Rater wurde die Intra-Klassen-Korrelation ICC bestimmt.

Kategorie (Anzahl Problembearbeitungen)	$ICC_{unjust,random}$ *SE absolut*	$ICC_{unjust,random}$ *SE relativ*
Beispiel (23)	0.914**	0.902**
Beschreibung (13)	0.827**	0.885**
Vermutung (23)	0.717**	0.714**
Metakognition (23)	0.919**	0.853**

Im zweiten Schritt folgt die Analyse nach der Qualität der Bearbeitungen. Die folgende Tabelle zeigt die Items zur Beurteilung sowie die Beurteilerübereinstimmung von zwei Ratern. Insgesamt kann mit dem Analyseverfahren eine gute bis sehr gute Beurteilerübereinstimmung erreicht werden. Das Verfahren bietet folglich eine Möglichkeit solche offenen Problemlöseprozesse zu beschreiben und ihre Qualität bezüglich gewisser Aspekte einzuschätzen.

Kategorie (Anzahl der Problembearbeitungen)	$ICC_{unjust,random}$
Beispiele: Anteil systematischer/zielgerichteter Beispiele (18)	0.948**
Hypothesen: Anteil beispielorientierte Hypothesen (18)	0.842**
Strategien: Einsatz von Tabellen (12)	0.866**
Metakognition: Anteil Plan (18)	0.766**
Beeinflussung des Problemlöseprozesses durch fehlendes Wissen (12)	1.000
Erreichen von Teilzielen/ -lösungen (mehrere Items)	Cronbachs α durchgehend gut

6. Diskussion und Ausblick

Das entwickelte Ratingverfahren eignet sich zur Einschätzung der Bearbeitungsqualität offener Explorationsaufgaben und ergänzt bisherige Instrumentarien zur quantitativen Erfassung von Problemlöseprozessen und -kompetenzen. Ziel nachfolgender Analysen wird es sein, mithilfe des Ratingverfahrens, Typen von Vorgehensweisen zu identifizieren und in Zusammenhang mit Überzeugungen bzw. mit dem Bearbeitungserfolg zu stellen.

Auf der Basis des hohen Ratingerfolges ist es ebenfalls denkbar, das Kategoriensystem zu verfeinern, und um weitere Kriterien zur Beurteilung der Problemlösebearbeitungen zu ergänzen, z.B. die Problemlösestrategien nach Polya (1949). Es ist allerdings in Abhängigkeit vom jeweiligen Untersuchungsziel zu prüfen, ob eine solche Verfeinerung geeignet ist, Problemlöseprozesse valide zu bewerten, oder ob nicht höher-inferente Verfahren zur Anwendung kommen sollten.

Literatur

Bernack, C., Holzäpfel, L., Leuders, T., & Renkl, A. (2011). Initiating change on pre-service teachers' beliefs in a reflexive problem solving course. In: Kirsti Kislenko (Ed.), *Current State of Research on Mathematical Beliefs XVI. Proceedings of the MAVI-16 Conference June 26-29, 2010, Tallinn, Estonia* (pp. 27–43). Tallinn, Estonia: Institute of Mathematics and Natural Sciences, Tallinn University.

DeBellis, V. A., & Rosenstein Joseph G. (2004). Discrete Mathematics in Primary and Secondary Schools in the United States. *ZDM: The International Journal on Mathematics Education, 36*(2), 46–55.

Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science,* (12), 1–48.

Leuders, T., Naccarella, D., & Philipp, K. (2011). Experimentelles Denken - Vorgehensweisen beim innermathematischen Experimentieren. *Journal für Mathematik-Didaktik, Volume 32, Number 2,* 205–231.

Liljedahl, P., Rolka, K., & Rösken, B. (2007). Affecting Affect: The Reeducation of Preservice Teachers' Beliefs about Mathematics and Mathematics Learning and Teaching. In W. G. Martin, M. E. Strutchens, & P. C. Elliott (Eds.), *The Learning of Mathematics. Sixty-ninth Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics* (pp. 319–330).

Pólya, G. (1949). *Schule des Denkens: Vom Lösen mathematischer Probleme.* Sammlung Dalp: Vol. 36. Bern: Francke.

Polya, G. (1954). *Mathematics and plausible reasoning. Induction and analogy in mathematics (Vol. I),* Patterns of plausible inference (Vol. II). Princeton: UP.

Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 334–370). New York: Macmillan.