

Katrin VORHÖLTER, Hamburg

Analyse der Struktur selbstberichteter metakognitiver Modellierungskompetenzen

Die Bedeutung und der Nutzen von Metakognition beim Bearbeiten komplexer Aufgaben ist unumstritten (Artelt, 2000). Für das Bearbeiten von Modellierungsproblemen konnte nachgewiesen werden, dass metakognitive Strategien hilfreich beim Überwinden von Problemen sind (Stillman, 2011), und dass fehlendes Metawissen oft einhergeht mit Fehlkonzepten bzgl. des Modellierungsprozesses (Maaß, 2004). Metakognitive Modellierungskompetenzen bilden entsprechend eine Teilfacette von Modellierungskompetenzen (Kaiser, 2007).

Theoretischer Rahmen

Der vorliegende Beitrag bezieht sich auf den Teil von Metakognition, der auch als prozedurale Metakognition oder metakognitive Strategien bekannt ist und in der Literatur deutlich abgegrenzt wird von anderen Facetten; metakognitive Strategien wiederum werden theoretisch unterteilt in die Aspekte Orientierung, Planung, Überwachung, Regulation und Evaluation, wobei Orientierung und Planung sowie Überwachung und Evaluation oft zusammen betrachtet werden. (Artelt, 2000; Veenman, 2011).

Die Forschung zu Metakognition bezog sich in der Vergangenheit vornehmlich auf das Verhalten von Individuen, nur selten auf das Verhalten von kooperativ und kollaborativ arbeitenden Gruppen (Goos, 2002). Jedoch ist direkt ersichtlich, dass Lernende, wollen sie als Gruppe erfolgreich sein, ihre Kompetenzen teilen, sich gegenseitig ihre Ideen erklären und ihre Gedanken externalisieren müssen (Goos, 2002) und neben den metakognitiven Strategien, die für das erfolgreiche Arbeiten einzelner hilfreich sind, weitere hinzukommen, die das gemeinsame Planen, die Zusammenarbeit und gegenseitige Kontrolle beinhalten. Da die Bearbeitung von Modellierungsproblemen in der Regel zumindest zeitweise in Gruppe erfolgt, ist das Beherrschen und Anwenden dieser gruppenspezifischen metakognitiven Strategien auch bei Modellierungsprozessen notwendig.

Auf der Grundlage oben dargestellter Theorie wird im Weiteren den Fragen nachgegangen, (1) in welche Faktoren sich metakognitive Individualstrategien und Gruppenstrategien empirisch unterteilen lassen und (2) ob die Unterteilungen für beide Strategiearten dieselbe Struktur aufweisen.

Design der Studie

Ziel des Projekts MeMo, in dessen Rahmen die vorliegenden Analysen erstellt wurden, ist die Evaluation einer Lernumgebung zur Förderung metakognitiver Modellierungskompetenzen. Hierzu wurden sowohl eine sechs Modellierungsprobleme umfassende Lernumgebung konzipiert (Vorhölter, 2018), als auch, zur Evaluation dieser, in einem mehrschrittigen Verfahren ein Fragebogen zur Erhebung verwendeter metakognitiver Strategien durch Selbstberichte der Schülerinnen und Schüler entwickelt (Vorhölter, 2017). Die Fragebögen wurden zu zwei Messzeitpunkten ausgefüllt: Nach der Bearbeitung der ersten Aufgaben wurden 431 Fragebögen ausgefüllt, nach Bearbeitung der letzten Aufgabe 390 Fragebögen.

Der Fragebogen umfasst 28 Items zu metakognitiven Strategien, deren Verwendung auf einer 5-stufigen Likert-Skala angegeben werden musste. Die Items waren angeordnet nach dem vermutlichen Auftreten im Modellierungsprozess und es wurden zunächst um die Einschätzung bei 18 Individualstrategien und dann um die Einschätzung bei 10 Gruppenstrategien gebeten. (Vorhölter, 2017, 2018).

Die Auswertung der Items erfolgte getrennt nach Individual- und Gruppenstrategien. Zur empirischen Überprüfung der Struktur der vorliegenden Daten wurde zunächst eine Hauptachsenanalyse mit Promax-Rotation durchgeführt, wobei zur Bestimmung der Faktorenanzahl eine Parallelanalyse, das Kaiser-Kriterium sowie die Screeplots herangezogen wurden (Bühner, 2011). In einem zweiten Schritt wurde eine konfirmatorische Faktorenanalyse zum Vergleich der aus der Theorie erarbeiteten Modelle sowie des sich aus der explorativen Faktorenanalyse ergebenden Modells durchgeführt.

Ergebnisse

Die Hauptachsenanalyse mit Promax-Rotation führte für die Individual- wie Gruppenstrategien zu einer 3-Faktoren-Lösung. Alle Items konnten eindeutig einer Komponente zugeordnet werden (vgl. Tabelle 1):

- Der erste Faktor besteht aus 7 Individual- bzw. 5 Gruppenstrategien, die sich auf die Organisation und Planung des Bearbeitungsprozesses beziehen oder aber eingesetzt werden, um Probleme zu verhindern in Form einer kontinuierlichen Überwachung. Daher beinhaltet diese Komponente *Strategien, die für einen reibungslosen Ablauf sorgen*.
- Die zweite Komponente umfasst 3 Individual- bzw. 2 Gruppenstrategien, die eingesetzt wurden, wenn Unstimmigkeiten und Probleme auftraten, die nicht schnell gelöst werden konnten. Diese Komponente beinhaltet folglich *Strategien zur Regulation bei Problemen*.

- Die dritte Komponente beinhaltet 6 Individual- bzw. 4 Gruppenstrategien, die auf die *Evaluation des Modellierungsprozesses* zielen.

Tabelle 1: Ergebnisse der Hauptachsenanalyse, getrennt nach Individualstrategien (I) und Gruppenstrategien (G)

Komponente		Anzahl Items	Ladungen	MW	SD
reibungsloser Ablauf	I	7	.38-.56	2.9-4.0	1.1-1.4
	G	5	.57-.77	3.5-3.9	1.1-1.3
Probleme	I	3	.4-.78	2.6-4.1	1.2-1.7
	G	2	.79	3.2-3.4	1.6-1.8
Evaluation	I	6	.3-.57	2.4-2.9	1.3-1.4
	G	4	.4-.83	2.2-2.7	1.3

Mithilfe einer konfirmatorischen Faktorenanalyse wurden im Anschluss die Kennwerte folgender Modelle verglichen (vgl. Tabelle 2):

- ein einfaktorielles Modell (alle metakognitiven Strategien gemeinsam),
- ein dreifaktorielles Modell (abgeleitet aus der Theorie (1) Orientierungs- und Planungsstrategien, (2) Überwachungs- und Regulationsstrategien und (3) Evaluationsstrategien)
- ein dreifaktorielles Modell (Aufteilung gemäß Hauptachsenanalyse in (1) reibungsloser Ablauf, (2) Problemen sowie (3) Evaluation).

Tabelle 2: Fit-Werte der drei verschiedenen Modelle, getrennt nach Individualstrategien (I) und Gruppenstrategien (G)

	1 Faktor „Metakognition“		3 Faktoren „Theorie“		3 Faktoren „EFA“	
	I	G	I	G	I	G
RMSEA	0,095	0,169	0,095	0,130	0,062	0,065
GFI	0,978	0,960	0,978	0,978	0,990	0,993
AIC	39115	28076	39115	27606	38711	27246
BIC	39336	28229	39336	27940	38946	27413

Die Fit-Werte sind nachstehender Tabelle zu entnehmen. Sie zeigen die deutliche Überlegenheit des dreifaktoriellen Modells gemäß durchgeführter explorativen Faktorenanalyse (die AIC und CAIC-Werte des dritten Modells sind deutlich kleiner als die der anderen Modelle). Der RMSEA ist für die Modelle der Individualstrategien sowie der Gruppenstrategien in beiden Fällen im akzeptablen Bereich, der GFI im guten Bereich (Schermelleh-Engel, Moosbrugger & Müller, 2003).

Zusammenfassung und Ausblick

Die Selbsteinschätzung der Lernenden ergab sowohl für die Individual- wie auch für die Gruppenstrategien eine Unterteilung in folgende drei Bereiche (1) Strategien, die für einen reibungslosen Ablauf sorgen, (2) Strategien, die beim Auftreten von Problemen eingesetzt werden, und (3) Strategien zur Evaluation. Diese Aufteilung wies im Vergleich zu anderen, aus der Theorie abgeleiteten Modellen, deutlich bessere Kennwerte auf.

Als nächste Schritte soll insbesondere der Zusammenhang zwischen Individual- und Gruppenstrategien näher analysiert werden sowie die Messinvarianz bzgl. der Messzeitpunkte überprüft werden.

Literatur

- Artelt, C. (2000). *Strategisches Lernen*. Münster: Waxmann.
- Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*. München: Pearson Studium.
- Goos, M. (2002). Understanding metacognitive failure. *Journal of Mathematical Behavior* (21), 283–302.
- Hasselhorn, M. (1992). Metakognition und Lernen. In G. Nold (Hrsg.), *Lernbedingungen und Lernstrategien. Welche Rolle spielen kognitive Verstehensstrukturen?* Tübingen: Narr.
- Kaiser, G. (2007). Modelling and modelling competencies in school. In C. Haines, P. L. Galbraith, W. Blum & S. Khan (Hrsg.), *Mathematical modelling. Education, engineering and economics* (S. 110–119). Chichester: Horwood Publishing.
- Maaß, K. (2004). *Mathematisches Modellieren im Unterricht: Ergebnisse einer empirischen Studie*. Hildesheim: Franzbecker.
- Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H. & Müller, H. (2003). Evaluating the Fit of Structural Equation Models: Evaluating the Fit of Structural Equation Models: Tests of Significance and Descriptive Goodness-of-Fit Measures. *Methods of Psychological Research Online*, 8 (2), 23–74.
- Stillman, G. (2011). Applying Metacognitive Knowledge and Strategies in Applications and Modelling Tasks at Secondary School. In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri & G. Stillman (Hrsg.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling. International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling*, vol. 1 (S. 165–180). Dordrecht: Springer.
- Veenman, M. (2011). Learning to self-monitor and self-regulate. In P. A. Alexander & R. E. Mayer (Eds.), *Handbook of research on learning and instruction* (S. 197–218). New York: Routledge.
- Vorhölter, K. (2017). Measuring Metacognitive Modelling Competencies. In G. Stillman, W. Blum & G. Kaiser (Hrsg.), *Mathematical Modelling and Applications. International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling* (S. 175–185). Cham: Springer.
- Vorhölter, K. (2018). Conceptualization and measuring of metacognitive modelling competencies. Empirical verification of theoretical assumptions. *ZDM - The International Journal on Mathematics Education*, 16 (3), <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0909-x>.