

Markus RUPPERT, Würzburg

## **Analogiebildungsprozesse in beispielbasierten Lernumgebungen**

Das Lernen an Beispielen im Allgemeinen und der Rückgriff auf bereits gelöste Beispielaufgaben im Speziellen wird in der aktuellen Lernforschung als wichtige Quelle des Erkenntnisgewinns und des Wissenszuwachses angesehen (vgl. Atkinson et al., 2000). Der Transfer von einem gelösten Aufgabenbeispiel, das als Ausgangspunkt des Transfers (source) bezeichnet wird, auf ein neues Problem (target) vollzieht sich dabei häufig mittels Analogiebildung (vgl. English, 1997, S. 5). Typische Situationen in denen diese Art des Transfers von Schülern verlangt wird, sind die Vorbereitung und Bearbeitung von Klassenarbeiten. Nur allzu oft sprechen die Ergebnisse von Klassenarbeiten im Fach Mathematik jedoch eine eindeutige Sprache: Der beschriebene Transfer fällt den Schülern auch bei gewisshafter Vorbereitung durch die Lehrkraft schwer.

Eine Frage, die im Rahmen lernpsychologischer und mathematikdidaktischer Forschung geklärt werden muss, ist deshalb: *Warum* tun sich Schüler so schwer auf ihre mathematische Erfahrung, ihr mathematisches Vorwissen zuzugreifen?

Ein Beitrag auf dem Weg zur Klärung dieser Frage ist Inhalt der hier vorgestellten Forschungsarbeit. Es soll geklärt werden, *wie* Schüler versuchen mittels Analogiebildung auf ihr Vorwissen zuzugreifen, an welcher Stelle ggf. Probleme auftreten, und wann der Transfer erfolgreich ist.

### **Theoretische Grundlage – Ein Zwei-Dimensionen-Modell**

Die Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes, also der interessierenden Denkprozesse, geschieht auf der Grundlage eines Zwei-Dimensionen-Modells, das bereits in der Vergangenheit vorgestellt wurde (vgl. Ruppert, 2010, 2012).

Die erste Dimension beschreibt dabei die *Ebene* der Analogiebildung. Der Transfer kann sich dabei auf beteiligte Objekte, auf Relationen zwischen diesen Objekten und auf mathematische Operationen beziehen, die zur Lösung eines Problems beitragen. Analogiebildung findet also auf der Objektebene, auf der Relationsebene und auf der Handlungsebene statt.

Die zweite Dimension der Analogiebildung nimmt den Prozesscharakter von Analogiebildung in das theoretische Modell mit auf. Hier werden Ergebnisse der ausgiebigen Forschungen Sternbergs zu diesem Thema (vgl. u. a. Sternberg, 1977) und Ergänzungen anderer Autoren (vgl. z. B.

In J. Roth & J. Ames (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2014* (S. 1035–1038). Münster: WTM-Verlag

Sheard/Readence, 1988 oder Gentner, 1989) berücksichtigt. Der Prozess der Analogiebildung vollzieht sich demnach in verschiedenen Phasen: Strukturieren, Abbilden, Schließen, Beurteilen (vereinfacht nach Sternberg). Gentner sowie Sheard/Readence ergänzen hierzu, dass diese Phasen nicht in chronologischer Reihenfolge und auch nicht zwingend alle durchlaufen werden müssen.

Insgesamt ergibt sich ein zweidimensionales Feld in dem Analogiebildungsprozesse beschrieben werden können (vgl. Abb. 1, 2. v. 1.)

### **Einige Fragen**

Die Fragen, die auf dieser Arbeitsgrundlage geklärt werden sollen, sind die folgenden (vgl. Ruppert, 2012):

- Wie sehen konkrete Analogiebildungsprozesse als „Wege“ im dargestellten Zwei-Dimensionen-Modell aus?
- Lassen sich diese „Wege“ (sowohl für gelungene, als auch für gescheiterte Analogiebildungsprozesse) klassifizieren?
- Welche besondere Bedeutung kommt dem Übergang von der Struktur- auf die Handlungsebene zu?

Will man allerdings Denkprozesse im Allgemeinen und Analogiebildungsprozesse im Speziellen empirisch erforschen, müssen zuerst die folgenden Fragen geklärt werden (vgl. Ruppert, 2013):

- (1) Wie können die interessierenden Denkprozesse initiiert werden?
- (2) Wie können die Denkprozesse sichtbar gemacht werden?
- (3) Welche Daten können für die Beschreibung der Denkprozesse erhoben und ausgewertet werden?
- (4) Wie kann eine adäquate Auswertung der Daten aussehen?

### **Example based learning und ein Vier-Phasen-Design**

Zur Beantwortung der Fragen (1) bis (3) wurde in der Vergangenheit ein Vier-Phasen-Forschungsdesign vorgestellt, bei dem Schülerpaare in einer Laborsituation beim Lösen von Aufgaben beobachtet wurden (vgl. Ruppert, 2012, 2013).

Die Auswahl und die Darbietung der Aufgaben in einer Instruktions-, einer Partnerarbeits- und einer Expertenarbeitsphase erfolgten dabei nach den Erkenntnissen der Forschung zum example based learning (vgl. v. a. Atkinson et al., 2000) – auf diese Weise wurde das Auftreten von Analogiebil-

dungsprozessen im Beobachtungszeitraum so gut wie möglich sichergestellt.

Um die auftretenden Denkprozesse sichtbar zu machen, wurde die Untersuchung nach der Methode des *Pair Think Aloud* (vgl. Haastrup, 1987), einer speziellen Form der *Think Aloud* Methode (Ericsson, Simon, 1999; Wallach, Wolf, 2001), durchgeführt. Die Äußerungen und Gesten der Schüler wurden dabei videografiert.

Als Datengrundlage für die Auswertung konnten so die Schüleräußerungen (Dialoge, Gedanken) und -gesten in einem Transkript festgehalten werden. Zusätzlich lagen für die Auswertung die schriftlichen Schülerdokumente und Aufzeichnungen von Teach-Back-Interviews (vgl. Vora/Helander, 1995) zu jeder Aufgabenbearbeitung vor.

### Auswertung

Auf der Grundlage eines Kodierleitfadens, der im Rahmen einer Vorstudie entwickelt wurde, konnten die Transkripte unter Zuhilfenahme der Schülerdokumente und Interviews kodiert und visualisiert werden. Die Transkriptions- und Kodierarbeiten wurden mit der Software Videograph durchgeführt. Diese lieferte gleichzeitig eine Visualisierung der beobachteten Denkprozesse (Abb. 1), die auch für eine erste qualitative Auswertung herangezogen werden konnte. Für die weitere Auswertung wurden zudem die Darstellung der Denkprozesse im Zwei-Dimensionen-Modell verwendet (vgl. oben und Abb. 1) und sogenannte Aufenthaltsmatrizen definiert.



Abbildung 1: Visualisierung von Analogiebildungsprozessen als Timeline im Videograph (1.), als Weg im Zwei-Dimensionen-Modell (2. v. l.), als Aufenthaltsmatrix (r.)

Betrachtet man diese drei Darstellungsformen im Zusammenspiel, so können zunächst qualitative Aussagen über die beobachteten Analogiebildungsprozesse gemacht werden (vgl. Ruppert, 2012).

Zudem liefern die Aufenthaltsmatrizen eine Möglichkeit der quantitativen Auswertung. Die Zusammenfassung der verschiedenen Analogiebildungsprozesse in einzelne Gruppen mittels Clusteranalyse stimmt dabei überraschend gut mit Ergebnissen einer interpretativen Vorgehensweise überein. Es ergeben sich auf den ersten Blick zwei Gruppen von Wegen der Analogiebildung, die sich ganz grundsätzlich voneinander unterscheiden:

- Analogiebildungsprozesse, bei denen zunächst auf allen Ebenen Strukturierungen vorgenommen werden, um dann weitgehend auf der Handlungsebene die Phasen der Analogiebildung zu durchlaufen.
- Analogiebildungsprozesse, die zunächst auf der Objektebene vollständige Analogien herstellen, um anschließend auf der Relations- und der Handlungsebene direkt zu Analogieschlüssen zu kommen.

Ob weitere Gruppen von Analogiebildungsprozessen separiert werden können ist Gegenstand der aktuellen Forschungsarbeit.

## Literatur

- Atkinson, K. A., Derry, S. J., Renkl, A., & Wortham, D. (2000). Learning from examples: Instructional principles from the Worked Examples Research. *Review of Educational Research*, 70, S. 181-214.
- English, L. (1997). *Analogies, Metaphors and Images: Vehicles for Mathematical Reasoning*. Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1999). *Protocol Analysis* (3. Ausg.). Cambridge, London: MIT Press.
- Gentner, D. (1989) The mechanisms of analogical learning. In: Vosniadou, S.; Ortony, A. (Hrsg.) *Similarity and analogical reasoning* (S. 199-241). Cambridge, Cambridge University Press.
- Haastrup, K. (1987). Using Thinking Aloud and Retrospection to Uncover Learners' Learners Lexical Inferencing Procedures. In C. Faerch, & G. Kasper, *Introspection in Second Language Research* (S. 197-212). Clevedon: Multilingual Matters Ltd.
- Ruppert, M. (2010) Analogiebildung - eine grundlegende mathematische Denkweise. In: Lindmeier, A. & Ufer, St. (Hrsg.): *Beiträge zum Mathematikunterricht 2010*. WTM-Verlag, Münster, S. 717-720.
- Ruppert, M. (2012) Wege der Analogiebildung. In: Ludwig, M.; Kleine, M. *Beiträge zum Mathematikunterricht 2012*. Münster: WTM-Verlag, S. 717-720.
- Ruppert, M. (2013) Ways of analogical reasoning – thought processes in an example based learning environment. Erscheint in: *Proceedings of the CERME 8, Antalya*.
- Sheard, C.; Readence, J. E. (1988) An investigation of the inference and mapping processes of the componential theory of analogical reasoning. *Journal of Educational Research*, 81, S. 347-353.
- Sternberg, R. J. (1977). Component Processes in Analogical Reasoning. *Psychological Review*, 84. S. 353-378.
- Vora, P., & Helander, M. (1995). A Teaching method as an alternative to the concurrent think-aloud method for usability testing. In Anzai Y., Ogawa, K. & Mori H. *Symbiosis of Human and Artifact* (S. 375-380). Elsevier Sciences Ltd.
- Wallach, D., & Wolf, C. (2001). Das prozeßbegleitende Laute Denken - Grundlagen und Perspektiven. In: *Lautes Denken - Prozessanalysen bei Selbst- und Fremdeinschätzungen* (S. 9-29). Weimar: Verlag Rita Dadder.