

Angela STACHELBERGER, Wien

Mathematik Lernen im bilingualen Diskurs – Problemlösen in zwei Sprachräumen

1. Hintergrund der Studie

Mathematikunterricht mit Englisch als Arbeitssprache (*Content and Language Integrated Learning, CLIL*) zielt darauf ab, integratives Sprach- und Inhaltslernen zu fördern. Die dafür konstitutiven Zielformulierungen beziehen sich auf die Bereiche Kultur, Sprache, Inhaltslernen und Kognition, wobei aktuell verstärkt inhaltliche und lerntheoretische Dimensionen Beachtung finden. So kamen einschlägige Studien zu dem Schluss, dass sich Lernen in der Fremdsprache positiv auf mathematisches Denken auswirkt (vgl. Dawe, 1983; Clarkson, 2006; Barwell, 2009).

Während die bisherigen Forschungen überwiegend Ergebnisstudien hinsichtlich der Wirkung bilingualen Unterrichts auf Lernerfolge in Mathematik, also bezüglich des *Lernprodukts*, hervorbrachten (vgl. Clarkson, 2006), fehlt es an Untersuchungen der tatsächlichen Denk- und Arbeitsvorgänge. Jedoch könnte eine genaue Analyse der *Prozesse* bilingualer Bedeutungskonstruktion wichtige Erkenntnisse hinsichtlich des Potentials dieser Unterrichtsform für das Mathematiklernen liefern. Diese Lücke möchte die vorliegende Arbeit schließen, indem sie versucht, den Einfluss der Fremdsprache auf Mathematiklernen zu untersuchen.

2. Methodik der Studie

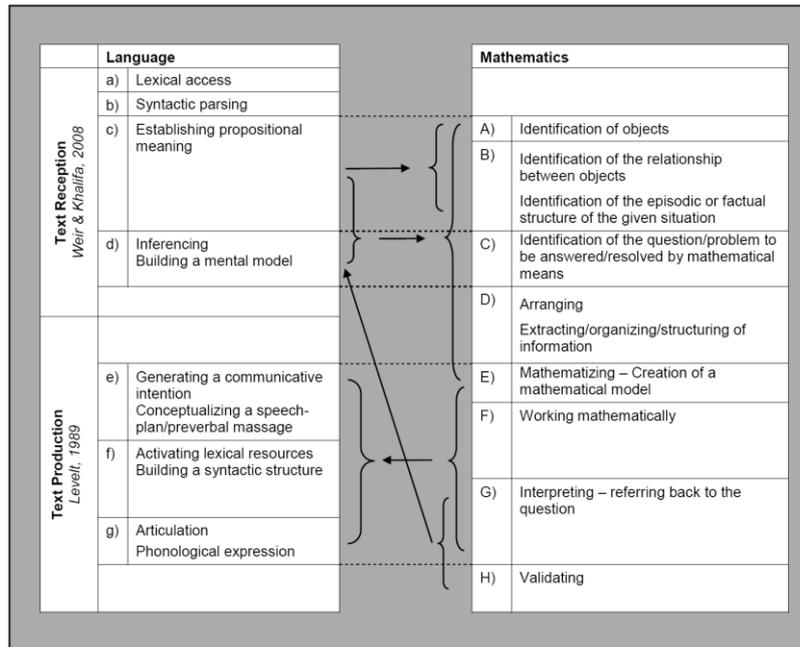
Die Datensammlung umfasst videografierte Einzelbeobachtungen von insgesamt 13 SchülerInnen der 6. Schulstufe an einem Bundesgymnasium bei Wien, welches als Teil des Schulprofils unter anderem *International Classes* mit Englisch als Arbeitssprache führt. Den SchülerInnen wurden Arithmetik- und Textaufgaben in der Fremdsprache zur Lösung vorgelegt, wobei sie den Bearbeitungsprozess gemäß Laut-Denk-Methode zu verbalisieren hatten. Das Protokoll der gedanklichen Formulierungen bietet Einsicht in den Prozess der Aufgabenbearbeitung und liefert Informationen über die Spezifika der Bedeutungskonstruktion in der Fremdsprache. Zum Vergleich wurde eine Kontrollgruppe von 16 SchülerInnen bei der Bearbeitung der gleichen Aufgaben in der Muttersprache videografiert.

Ausgangspunkt der Datenanalyse bildete der qualitative Grounded-Theory-Ansatz (Glaser und Strauss, 1967), der davon ausgeht, dass hinter den empirischen Indikatoren Konstrukte stehen, aus denen sich allmählich Theorien entwickeln lassen. Allerdings vermochten es die aus der Grounded-Theorie gewonnenen Ergebnisse nicht, die komplexen mentalen

Vorgänge bilingualer LernerInnen während der Aufgabenbearbeitung detailliert zu beschreiben. Um Aufschluss über die Besonderheiten bilingualen Mathematiklernens erlangen zu können, wurden sowohl kognitive Aktivitäten, die der inhaltlich-konzeptuellen Lösung von Textaufgaben zu Grunde liegen, als auch jene, die sich auf die Verwendung von Sprache in dieser Situation beziehen, aus den durch die Laut-Denk-Studie gewonnenen Daten analytisch nachvollzogen, interpretativ herausgearbeitet und beschreibbar gemacht. Es bedurfte also eines Analyseinstruments, welches sowohl mathematische als auch sprachbezogene kognitive Prozesse integrativ zu erfassen und zu beschreiben vermochte.

3. Interaktion von Mathematik und Sprache

Zur Schaffung dieses theoretischen Rahmens zur Beschreibung inhaltlich-konzeptueller kognitiver Prozesse beim Lösen von fremdsprachlichen Textaufgaben wurden kognitive Modellierungskreisläufe von Borromeo Ferri (2011) und Blum und Leiß (2005) sowie kognitive Modelle des Lösens von Textaufgaben von Reusser (1997) und Novotna (2004) herangezogen. Um die bei der Aufgabenbearbeitung involvierten kognitiven Prozesse der Sprachrezeption und -produktion zu erfassen, diente Weir und Khalifas (2008) sowie Levelts (1989) Modell als Grundlage. Zwar lieferten die verschiedenen Ansätze theoretische Grundlagen zur Beschreibung kognitiver Vorgänge, doch waren sie für sich genommen unzureichend, um der Komplexität der Bearbeitung mathematischer Textaufgaben mit Englisch als Arbeitssprache gerecht zu werden. Vor allem die Beziehung zwischen mathematik- und sprachspezifischen Prozessen bleibt in den vorliegenden Modellen verborgen. Daher wurden aus den genannten Modellen jene Kernprozesse extrahiert, die sich aus den vorliegenden Daten erschließen lassen, gegebenenfalls modifiziert und ergänzt und darüber hinaus insbesondere die Sprachdimension und die Inhaltsdimension miteinander in Beziehung gesetzt. Der nachfolgende Entwurf ist der Versuch, erstmals die Interaktion von mathematikspezifischen und sprachbezogenen kognitiven Prozessen beim Lösen von Textaufgaben zu modellieren und in einem integrativen Modell zu beschreiben.



Das entworfene Interaktionsmodell bildete die Grundlage zur Analyse der Verbalprotokolle. Zunächst wurden die Transkripte durch die Beschreibung der SchülerInnenhandlungen bereichert um festzustellen, welche Tätigkeit im Zentrum der Aufmerksamkeit lag. Die Transkripte wurden dann in einzelne Units unterteilt, wobei die Begrenzungen multimodal, das heißt durch das Miteinbeziehen verschiedener Äußerungsmodalitäten (linguistische, prosodische, paralinguistische sowie inhalts- und handlungsorientierte) bestimmt wurden. Drittens wurde das genannte Modell herangezogen, um jede einzelne dieser Units in der jeweiligen Dimension zu charakterisieren. Die Synopse der kognitiven Prozesse zeigte sowohl ihre chronologische Abfolge innerhalb der beiden Dimensionen als auch über die Grenzen der Dimensionen hinweg parallele Abläufe, die wiederum Rückschlüsse über die Wechselwirkungen zwischen sprachlichen und inhaltlichen Prozessen ermöglichten.

4. Erste Ergebnisse und Ausblick

Die Analyse von 48 Aufgabenbearbeitungen zeigt, dass bilinguale SchülerInnen durchschnittlich deutlich länger mit der Bearbeitung der Textaufgabe befasst sind und ihre Arbeitsvorgänge eine weit höhere Bearbeitungsintensität aufweisen. Erwartungsgemäß zeigen bilinguale LernerInnen vermehrte Konzentration auf Vorgänge der Sprachrezeption bzw. -produktion. So greifen sie z. B. weitaus öfter auf den Angabetext zurück, und der erfolgreiche Aufbau des mentalen Modells des Textes scheint oft nur unter kognitivem Mehraufwand möglich. In Folge größerer Schwierigkeiten bezüglich Textrezeption kann mathematisch-inhaltliches

Arbeiten sogar behindert werden. Andererseits zeigt sich jedoch, dass die intensive Auseinandersetzung bilingualer LernerInnen mit dem Text der Angabe häufig zu einer Ausweitung des kognitiven Schwerpunkts auf mathematische Vorgänge, insbesondere des Zurechtlegens und des Erstellens des mathematischen Modells, führten. Das der Aufgabe zu Grunde liegende mathematische Modell wird also im Zuge intensiverer Textrezeption erarbeitet. Zudem weitet sich die mentale Aufmerksamkeit der SchülerInnen sowohl im Zuge des Mathematisierens als auch des mathematischen Arbeitens häufiger parallel auf Textproduktionsprozesse aus. Den größten Anteil zeitgleicher kognitiver Aufmerksamkeit auf Sprache und Inhalt scheint der Vorgang des Interpretierens hervorzurufen. Dabei treten vermehrt sowohl Vorgänge bewusster Textproduktion als auch -rezeption auf. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Verwendung der Fremdsprache eine intensivere Auseinandersetzung in beiden Dimensionen, sprachbezogen wie inhaltlich mathematisch, bewirkt.

5. Literatur

- Barwell, R. (Hrsg.) (2009): *Multilingualism in mathematics classrooms: Global perspectives (Bilingual education and bilingualism)*. Bristol: Multilingual Matters.
- Blum, W. & Leiß, D. (2005): Modellieren im Unterricht mit der "Tanken"-Aufgabe. In: *Mathematik Lehren* 128. 18-21.
- Borromeo Ferri, R. (2011): *Wege zur Innenwelt des mathematischen Modellierens: Kognitive Analysen zu Modellierungsprozessen im Mathematikunterricht*. 1st edn. Wiesbaden: Vieweg+Teubner (GWV).
- Clarkson, P. (2006): Australian Vietnamese students learning mathematics: High ability bilinguals and their use of their languages. In: *Educational studies in mathematics* 64(2), 191-215.
- Dawe, L. (1983): Bilingualism and mathematics reasoning in English as a second language. In: *Educational Studies in Mathematics* 14(4), 325-353.
- Glaser, B. G. & Strauss, A. L. (1967): *The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*. New York: Aldine de Gruyter.
- Levelt, W. J. M. (1998): *Speaking: From intention to articulation (ACL-MIT Press series in natural-language processing)*, 5th edn. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Novotna, J. (2004): *Modelling the Word Problem Solving Process. An Instrument to Determine Places Suitable for Teacher's Intervention*. In H.-W. Henn (ed.): *Applications and modelling in mathematics education: Study conference in Dortmund, 2004; pre-conference vol. (ICMI study 14)*, 193–198. Dortmund: Univ. Dep. of Mathematics IEEM.
- Reusser, K. (1997): *Erwerb mathematischer Kompetenzen: Literaturüberblick. Mathematische Textaufgaben als Unterrichts- und Forschungsgegenstand*. In F. E. Weinert & A. Helmke (eds.): *Entwicklung im Grundschulalter*, 141–155. Weinheim: Beltz Psychologie-Verl.-Union.
- Weir, C. & Khalifa, H. (2008): *A cognitive processing approach towards defining reading comprehension*. Cambridge ESOL: Research notes (31). 2–10.