

Sabine SCHLAGER, Jana KAULVERS, Andreas BÜCHTER, Universität Duisburg-Essen

Zum Zusammenhang von Sprachkompetenz und Mathematikleistung – Ergebnisse einer Studie mit experimentell variierten sprachlichen Aufgabenmerkmalen

1. Forschungsstand

Die Beforschung von Sprache in der Mathematik hat eine lange Tradition (vgl. Maier/Schweiger 1999). Relativ neu für Deutschland ist hingegen der Blick auf herkunftsbedingte Leistungsdisparitäten. Schulleistungsstudien wie PISA (vgl. Gebhardt et al. 2013) zeigten auf, dass Mathematikleistungen in Deutschland stark mit dem familiären Hintergrund zusammenhängen. Der Fokus lag dabei lange auf dem Sozioökonomischen Status oder der Erstsprache als Prädiktoren für Fachleistung. In der internationalen Forschung hingegen wird bereits seit längerem der Sprachkompetenz, vor allem für Items mit Realitätskontext und hoher linguistischer Komplexität (vgl. Brown 2005), eine größere Bedeutung zugeschrieben (vgl. Abedi 2006). Solche Items liegen auch in den Zentralen Prüfungen am Ende der Klasse 10 in Nordrhein-Westfalen (ZP10) vor, in denen die Korrelation von Mathematikleistung mit Sprachkompetenz höher als mit anderen Hintergrundfaktoren ist (vgl. Prediger et al. 2015; Wilhelm, 2016). Als Hürden wurden vor allem Lesehürden, beispielsweise auf Grund komplexer Satzstrukturen oder Präpositionen, prozessuale Hürden und konzeptuelle Hürden identifiziert. Auf diesen Ergebnissen baut die hier vorgestellte Studie auf, die mit der systematischen Variation von sprachlichen Aufgabenmerkmalen die folgenden Forschungsfragen beantworten soll:

- F1: Welche sprachlichen Merkmale sind für alle Lernenden schwierigkeitsgenerierend?
- F2: Welche sprachlichen Merkmale sind besonders für sprachlich schwache Lernende schwierigkeitsgenerierend?

2. Aufbau der Studie

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde ein mixed-method-Design angelegt. Am quantitativen Teil nahmen rund 600 Lernende aus Gesamtschulen der Region Rhein-Ruhr teil. Als unabhängige Variable wurden die Sprachkompetenz (C-Test), die kognitiven Fähigkeiten (CFT-20R) und sprach- und familienbiographische Daten (Fragebogen) erhoben. Der 90-minütige Mathematiktest, gestaltet in Anlehnung an die ZP10, enthielt Aufgaben zu Funktionen, beschreibender Statistik und Prozentrechnung.

In Institut für Mathematik und Informatik Heidelberg (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2016* (S. x–y). Münster: WTM-Verlag

Der Test lag in drei Versionen mit sechs identischen Ankeraufgaben (21 Items), sowie sechs sprachlich variierten Aufgaben (13 Items) vor. Bei der Aufgabenvariation blieben der Kontext und der fachliche Gehalt der Aufgaben jeweils erhalten. Ausgehend von einer sprachlich optimierten Ausgangsfassung wurden die Aufgaben sprachlich nach je zwei der Kriterien Kontextlexik (KL), Referenzstruktur (RS), Präpositionaler Anschluss bzw. Trennbare Verben (PA/TV), oder Nominalisierung und Verdichtung (N/V) variiert. Die Variationen verteilen sich gleichmäßig auf die drei Testhefte. Die drei Testheft-Gruppen weisen im Vergleich der Ergebnisse zu Sprachkompetenz, kognitiven Fähigkeiten und Mathematikleistung keine signifikanten Unterschiede auf.

In der qualitativen Vertiefung wurden vier statistisch auffällige Aufgaben von Lernenden anderer Gesamtschulen in Einzelinterviews mit der Methode des lauten Denkens bearbeitet und anschließend diskutiert.

3. Ein Beispiel für die Aufgabenvariation

Als Beispiel wird die Aufgabe „Badewanne“ mit der Variante Nominalisierung/Verdichtung (N/V) betrachtet (weitere Variante: Referenzstruktur). Variierte Stellen wurden für diesen Artikel fett hervorgehoben.

0-Version: „Eine Badewanne hat einen Kaltwasserhahn und einen Warmwasserhahn. Die Badewanne wird mit 135 Litern Wasser gefüllt. Wenn beide Wasserhähne geöffnet sind, dauert es 9 Minuten, bis die Badewanne gefüllt ist. Wenn nur der Kaltwasserhahn geöffnet ist, dauert es 7,5 Minuten länger als mit beiden Wasserhähnen. Wie viel Liter Wasser kommen pro Minute aus dem geöffneten Kaltwasserhahn? Notiere deine Rechnung.“

N/V: „Eine Badewanne **mit einem** Kalt- und einem Warmwasserhahn wird mit 135 Litern Wasser gefüllt. **Bei Öffnung** beider Wasserhähne dauert **die Füllung** der Badewanne 9 Minuten, bei **ausschließlicher Öffnung des Kaltwasserhahns** 7,5 Minuten länger als **bei Öffnung** beider Wasserhähne. Welche **Wassermenge** kommt pro Minute aus dem geöffneten Kaltwasserhahn? Notiere deine Rechnung.“

Insgesamt zeigte sich bei der Aufgabenvariation, dass alternative Formulierungen der Aufgaben an Hand zuvor festgelegter Kriterien vor allem an Stellen, die für die mathematische Bearbeitung bedeutungstragend sind, nicht immer möglich waren. Die Variation hat vor allem dadurch Grenzen, dass sie an den üblichen Sprachgebrauch, den Kontext, sowie die sprachliche Realisierung mathematischer Konzepte gebunden ist.

Zusätzlich wurde sichtbar, dass isolierte Änderungen kaum möglich sind. Bei der obigen Variation etwa muss durch die Nominalisierung von *geöffnet* (zu *Öffnung*) auch das Adverb *nur* durch das Adjektiv *ausschließlich* ersetzt werden, sodass eine weitere potentielle lexikalische Hürde auftritt.

4. Ergebnisse aus den quantitativen Analysen

In der statistischen Auswertung zeigten die Gruppen der Lernenden mit höherer Intelligenz, ohne Migrationshintergrund, mit höherer Sprachkompetenz, sowie Lernende, die in ihrer Familie monolingual Deutsch aufwachsen, hoch signifikant bessere Mathematikleistungen.

Regressionsanalysen zeigten, dass die Sprachkompetenz und die kognitiven Fähigkeiten als isolierte Prädiktoren die Leistung im Mathematiktest mit je ca. 15% aufgeklärter Varianz statistisch am stärksten bedingen. Die weiteren Hintergrundfaktoren tragen hierzu deutlich weniger bzw. kaum bei: Die Univariate Varianzanalyse zeigte für den Sozioökonomischen Status (SES), die Familiensprache und den Migrationshintergrund höchstens geringe Varianzaufklärungen.

Schwierigkeitsverschiebungen bezüglich der sprachlichen Variation zeigen sich besonders in der Badewannen-Aufgabe. Hier wurde die Variante N/V im Vergleich zur 0-Version um 0,6 WLE auf der Rasch-Skala schwieriger, was in diesem Leistungsbereich ungefähr drei von 34 richtig gelösten Items entspricht. In den anderen Items zur N/V zeigen sich keine signifikanten Verschiebungen. Die Referenzstruktur erschwerte ebenfalls die Bearbeitung der Badewannen-Aufgabe um 0,6 WLE. In den anderen so variierten Items zeigte sich ein uneinheitliches Bild. In manchen Fällen ist der mathematische Gehalt deutlich dominierender als die Sprache, so beispielsweise bei der Frage nach dem Median, bei der entscheidend ist, ob das mathematische Konzept im Unterricht thematisiert wurde oder nicht. Ähnliches zeigt sich auch bei den Schwierigkeitsverschiebungen durch Variationen nach den Kriterien PA/TV bzw. KL.

Insgesamt wirken sprachliche Variationen sich vor allem in Extremvarianten, wie der Badewannen-Aufgabe, signifikant aus. Solche Formulierungen lassen sich zumindest in den als Referenztest gewählten ZP10 nicht mehr finden – in Schulbüchern hingegen schon.

Das vorgestellte Ergebnis bedeutet nicht, dass die sprachliche Variation keinerlei Schwierigkeiten für die Lernenden verursacht, wie die qualitativen Analysen zeigen. Sie wirkt aber vermutlich nur im Zusammenspiel mit anderen Aufgabenmerkmalen schwierigkeitsgenierend.

5. Ergebnisse aus den qualitativen Analysen

In den Interviews wurde 16 Lernenden die Badewannen-Aufgabe in der N/V-Version vorgelegt. Hier zeigte sich, dass das Wort *ausschließlich*, das auf Grund der Nominalisierung verwendet werden musste, bei vielen Lernende Probleme hervorruft. Dies ist bereits zuvor in den schriftlichen Bear-

beitungen sichtbar geworden. So hat ein Schüler anstelle einer Bearbeitung der Aufgabe geschrieben: „Ich habe die Fragestellung nicht verstanden. Wird mit ‚ausschließlicher Öffnung des Kaltwasserhahns‘ gemeint, dass nur kaltes Wasser benutzt wird?“ Er kannte die richtige Bedeutung des Wortes „ausschließlich“ zwar, war sich aber anscheinend unsicher und hat die Bearbeitung vermutlich aus diesem Grund abgebrochen.

Insgesamt zeigten sich in den Analysen auftretende Probleme im Textverständnis, vor allem bei *ausschließlich*, bei Präpositionen und beim Verständnis der bedeutungstragenden Stelle „länger als bei Öffnung beider Wasserhähne“. In der Retrospektive konnten dann aber viele Lernende eigenständig oder auf Nachfrage die bedeutungstragenden Stellen „länger“ und „ausschließlicher Öffnung des Kaltwasserhahns“ identifizieren.

6. Fazit und Ausblick

Zur Beantwortung von F1 lässt sich sagen, dass Variationen vor allem in Extremvarianten allgemein schwierigkeitsgenerierend sind. Die Tatsache, dass sie in dieser isolierten Form sonst nicht signifikant auffällig sind, lässt vermuten, dass sie vor allem in Kombination untereinander oder mit konzeptuellen Merkmalen Schwierigkeit generieren. Dies muss noch genauer analysiert werden. Besonders für sprachlich schwache Lernende scheinen die Kontextlexik, die Nominalisierung/Verdichtung und die Präpositionen schwierigkeitsgenerierend zu sein, wie die qualitativen Analysen zeigen. Im nächsten Schritt wird analysiert, wie sich die Bearbeitungsstrategien je nach Sprachkompetenz unterscheiden.

Literatur

- Abedi, J. (2006): Language Issues in Item Development. In S. M. Downing & T. M. Haladyna (Hrsg.): *Handbook of test development*. Mahwah, NJ: Erlbaum, 377-398.
- Brown, C. L. (2005): Equity of Literacy Based Math Performance Assessments for English Language learners. *Bilingual Research Journal*, 29(2), 337–363.
- Gebhardt, M., Rauch, D., Mang, J., Sälzer, C. & Stanat, P. (2013): Mathematische Kompetenz von Schülerinnen und Schülern mit Zuwanderungshintergrund. In M. Prenzel et al. (Hrsg.): *PISA 2012: Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland*. Münster: Waxmann, 275-308.
- Maier, H., Schweiger, F. (1999): *Mathematik und Sprache. Zum Verstehen und Verwenden von Fachsprache im Mathematikunterricht*. Wien: ÖBV & HPT.
- Prediger, S., Wilhelm, N., Büchter, A., Gürsoy, E. & Benholz, C. (2015): Sprachkompetenz und Mathematikleistung – Empirische Untersuchung sprachlich bedingter Hürden in den Zentralen Prüfungen 10. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 36 (1), 77-104.
- Wilhelm, N. (im Druck): *Sprachliche und konzeptuelle Hürden in der Bearbeitung mathematischer Textaufgaben durch sprachlich schwache Lernende - Quantitative und qualitative Analysen*. Dissertation, TU Dortmund.