

Henning SIEVERT, Flensburg, Marian HICKENDORFF, Leiden (NL),  
Ann-Katrin VAN DEN HAM, Hamburg & Aiso HEINZE, Kiel

## **Die (Weiter-)Entwicklung der Strategienutzung für die Addition und Subtraktion im vierten Schuljahr**

Die flexible Nutzung von Lösungsstrategien für Additions- und Subtraktionsaufgaben ist ein wichtiges Ziel des Mathematikunterrichts am Ende der Primarstufe. Während die meisten Studien die Strategienutzung von Lernenden querschnittlich untersuchen, ist der Stand der Forschung über die tatsächliche Entwicklung der Strategienutzung in der Grundschule begrenzt. In der hier vorgestellten Untersuchung wird diese Entwicklung von 1.947 Lernenden vom Ende der dritten bis zum Ende der vierten Klassenstufe bei Additions- und Subtraktionsaufgaben mithilfe einer mehrstufigen Latenten Transitionsanalyse (LTA) untersucht. Die Ergebnisse weisen fünf verschiedene Profile der Strategienutzung mit unterschiedlichen Prävalenzen in Klassenstufe 3 und heterogene Entwicklungspfade der Lernenden von Klassenstufe 3 zu Klassenstufe 4 auf. Dabei beeinflussen die Individual- und Klassenprädiktoren arithmetisches Vorwissen, Geschlecht, mittlere kognitive Grundfähigkeiten der Klasse und das Mathematikschulbuch die Wahrscheinlichkeit der Zugehörigkeit zu einem Strategieprofil am Ende der dritten Klasse. Das arithmetische Vorwissen sowie das Geschlecht wirken auf die Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen Klassenstufe 3 und 4.

### **Theoretischer Hintergrund und Forschungsfragen**

Strategieflexibilität, das heißt die Kenntnis und Nutzung verschiedener Lösungsstrategien, gilt als wichtiges Ziel des Mathematikunterrichts (Verschaffel et al., 2009). Sie stellt eine Form des mathematischen Denkens dar, die über die reine Kenntnis von Fakten und Verfahren hinausgeht. Studien zur Strategienutzung haben verschiedene Faktoren identifiziert, die sich auf Strategieflexibilität auswirken. Dazu gehören sowohl individuelle Faktoren wie das Geschlecht oder arithmetische Vorkenntnisse als auch Faktoren auf Klassenebene, wie das Schulbuch oder die Qualifikation der Lehrkräfte (z. B. Durkin et al., 2017; Fagginger Auer et al., 2016; Sievert et al., 2019).

Aus didaktischer Sicht stellen sich mit Blick auf die Grundschule und dem Fokus auf Addition und Subtraktion drei grundlegende Fragen: Welche Strategien verwenden Lernende bei Additions- und Subtraktionsaufgaben, wie entwickelt sich ihre Strategienutzung im Verlauf der Grundschulzeit und welchen Einfluss haben Merkmale auf Individual- und Klassenebene auf diese beiden Aspekte? Unterscheiden lassen sich dabei neben den Rechenmethoden *Kopfrechnen*, *halbschriftliches Rechnen* und *schriftliches Rechnen* auch die unterschiedlichen halbschriftlichen Lösungsstrategien, wie das

stellen- oder schrittweise Rechnen sowie Ableitungsstrategien wie Nutzung der Hilfsaufgabe, gegen-/gleichsinniges Vereinfachen oder Ergänzen.

Um die Entwicklung der Strategienutzung zu untersuchen, zielt die vorgestellte Studie darauf ab, verschiedene Strategieprofile und entsprechende Übergangswege zu identifizieren, die Lernende in ihrer Entwicklung während des vierten Schuljahres durchlaufen. Darüber hinaus untersuchen wir, wie sich Individual- und Klassenprädiktoren auf die Strategieprofile der Schüler\*innen sowie die Entwicklung ihres Strategiegebrauchs auswirken. Dabei nutzen wir vorhandene Daten einer großen Stichprobe in einem einjährigen Längsschnittdesign, was die Möglichkeiten für die Anwendung fortgeschrittener statistischer Modelle bietet. Entsprechend haben wir die folgenden Forschungsfragen adressiert: (1) Welche individuellen Unterschiede in der Strategienutzung (= Strategieprofile) bei mehrstelligen Additions- und Subtraktionsaufgaben lassen sich bei Schülerinnen und Schülern am Ende von Klassenstufe 3 feststellen? (2) Welche individuellen Unterschiede in den Entwicklungsverläufen der Strategieprofile lassen sich bei Schülerinnen und Schülern im Verlauf der vierten Klassestufe feststellen? (3) Wie hängen Individual- und Klassenprädiktoren mit den Strategieprofilen und Entwicklungsverläufen der Lernenden zusammen?

## **Methode**

Die Untersuchung basiert auf der Sekundäranalyse eines Datensatzes aus einer vierjährigen Längsschnittstudie, von dem Daten von 1.947 Schülerinnen und Schülern aus 109 Klassen in 39 Schulen in Schleswig-Holstein genutzt wurden. Die Analyse der Strategienutzung der Lernenden umfasste fünf Kategorien: (1) Schriftlicher Algorithmus, (2) Kopfrechnen, (3) Stellenweises Rechnen, (4) Schrittweises Rechnen sowie (5) weitere halbschriftliche Strategien. Anhand dieser Kategorien haben wir die Strategien klassifiziert, welche die Schüler\*innen zur Lösung von fünf Aufgaben verwendet haben (473+398, 3817+2094, 381–99, 702–698, 7156–2478). Diese wurden jeweils am Ende von Klassenstufe 3 und 4 bearbeitet. Die Prädiktoren auf Individualebene umfassen das arithmetische Vorwissen am Ende der dritten Klasse sowie das Geschlecht der Lernenden und auf Klassenebene die mittleren kognitiven Grundfähigkeiten der Lerngruppe, das Schulbuch sowie die Qualifikation der Lehrkraft.

Um individuelle Unterschiede in der Strategienutzung sowie Entwicklungsverläufe zu identifizieren, stellen Latente Klassenanalysen (LCA) und Latente Transitionsanalysen (LTA) als ihre längsschnittliche Erweiterung einen nützlichen Ansatz bei großen Datensätzen dar (Fagginger Auer et al., 2016).

Die Analysen ergeben latente Klassen mit jeweils spezifischen Wahrscheinlichkeiten, eine bestimmte Strategie für die fünf Aufgaben zu verwenden, d.h. unterschiedliche Profile der Strategienutzung der Lernenden. Entsprechend haben wir eine mehrstufige LTA genutzt, um (1) individuelle Unterschiede in der Strategienutzung und (2) die Entwicklungspfade der Lernenden in den verschiedenen Profilen im Verlauf der vierten Klassenstufe zu untersuchen. Zudem untersuchten wir, (3) inwieweit jeder der fünf Individual- und Klassenprädiktoren die Wahrscheinlichkeiten beeinflusste, in Klassenstufe 3 einem bestimmten Strategieprofil anzugehören sowie zwischen den Klassenstufen 3 und 4 in ein bestimmtes Strategieprofil zu wechseln.

## **Ergebnisse**

Die Ergebnisse ergaben fünf Profile der Strategienutzung der Schüler\*innen: Das erste Profil zeichnet sich durch eine hohe Wahrscheinlichkeit ( $> .90$ ) für die Verwendung schriftlicher Algorithmen bei allen fünf Aufgaben aus. Lernende des zweiten Profils hatten eine hohe Wahrscheinlichkeit, alle Aufgaben durch Kopfrechnen zu lösen. Das dritte Profil zeigte jeweils substantielle Wahrscheinlichkeiten für schriftliche Algorithmen und Kopfrechnen, in Abhängigkeit von der Aufgabe. Schüler\*innen des vierten Profils hatten eine hohe Wahrscheinlichkeit, bei den beiden Additionsaufgaben stellenweise zu rechnen und bei den drei Subtraktionsaufgaben stellenweise oder im Kopf zu rechnen. Das fünfte Profil schließlich zeichnet sich durch substantielle Wahrscheinlichkeiten für nahezu alle genutzten Strategien aus.

Um die individuellen Unterschiede in der Entwicklung der Lernenden zu charakterisieren, haben wir die Übergangswahrscheinlichkeiten interpretiert, d.h. die Wahrscheinlichkeiten, von einem bestimmten Profil in Klassenstufe 3 zum gleichen oder einem anderen Profil in Klassenstufe 4 überzugehen. Die ersten drei Profile erweisen sich dabei als die stabilsten, allerdings ist die Instabilität aller fünf Profile erheblich. Zwischen 11 und 57 % der Lernenden verbleiben im gleichen Profil.

Alle untersuchten Individual- und Klassenprädiktoren zeigten signifikante Auswirkungen auf die Prävalenzen der Strategieprofile in Klassenstufe 3. Für die Übergänge zwischen Klassenstufe 3 und 4 erwiesen sich lediglich die Effekte des arithmetischen Vorwissens, des Geschlechts und des Schulbuchs als signifikant.

## Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen eine Clusterung der Strategienutzung der Lernenden in verschiedene Strategieprofile und betonen die Rolle unterschiedlicher Einflussfaktoren der Lernenden selbst sowie der äußeren Bedingungen des Lernprozesses. Individuelle Unterschiede wurden vor allem in der Bedeutung von schriftlichen Algorithmen und Kopfrechnen festgestellt. Die längsschnittliche Transitionsanalyse weist heterogene Lernpfade der Schüler\*innen bei der Strategienutzung von Additions- und Subtraktionsaufgaben über die dritte Klasse hinaus auf, insbesondere also auch nach Einführung sowohl halbschriftlicher als auch schriftlicher Lösungsstrategien. Lernende mit höherem Vorwissen und Jungen wechselten eher zu einem Profil mit größeren Kopfrechenanteilen, während Lernende mit geringerem Vorwissen und Mädchen eher zu Profilen mit einer stärkeren Betonung schriftlicher Algorithmen übergingen. Die Kombination einer großen Stichprobe mit einem Längsschnittdesign erweitert die bisherige Forschung zur Strategienutzung der Lernenden und dessen Entwicklung und gibt neue Einsichten in den Prozess des Erwerbs strategischer Kompetenz.

## Literatur

- Durkin, K., Star, J. R. & Rittle-Johnson, B. (2017). Using comparison of multiple strategies in the mathematics classroom: Lessons learned and next steps. *ZDM – Mathematics Education*, 49(4), 585–597.
- Fagginger Auer, M. F., Hickendorff, M., van Putten, C. M., Béguin, A. A. & Heiser, W. J. (2016). Multilevel Latent Class Analysis for Large-Scale Educational Assessment Data. Exploring the Relation Between the Curriculum and Students' Mathematical Strategies. *Applied Measurement in Education*, 29(2), 144–159.  
<http://doi.org/10.1080/08957347.2016.1138959>
- Sievert, H., van den Ham, A.-K., Niedermeyer, I. & Heinze, A. (2019). Effects of mathematics textbooks on the development of primary school children's adaptive expertise in arithmetic. *Learning and Individual Differences*, 74, Artikel 101716.  
<http://doi.org/10.1016/j.lindif.2019.02.006>
- Verschaffel, L., Luwel, K., Torbeyns, J. & van Dooren, W. (2009). Conceptualizing, investigating, and enhancing adaptive expertise in elementary mathematics education. *European Journal of Psychology of Education*, 24, Artikel 335.  
<https://doi.org/10.1007/BF03174765>