

Natascha SCHUPP, Sebastian VOGEL, Julia SCHWABE, Stella PEDE, Rita BORROMEO FERRI, Frank LIPOWSKY, Kassel

## **Förderung adaptiver Strategiewahl durch verschachteltes Lernen? – Die Interventionsstudie LIMIT in der Grundschule**

### **Theoretischer und empirischer Hintergrund**

Wiederholt zeigen Studien, dass Grundschul Kinder wenig adaptiv rechnen, unabhängig von Aufgabenmerkmalen eine Lieblingsstrategie bevorzugen und häufig schriftlich rechnen, selbst wenn die jeweiligen Aufgaben die Nutzung anderer Lösungsmethoden, z. B. halbschriftlicher Strategien nahelegen (Selter, 2001; Torbeyns et al., 2006). Die Fähigkeit zur adaptiven Strategiewahl lässt sich jedoch durch Lernumgebungen und Interventionen fördern (Blöte et al., 2000; Grüßing et al., 2013; Rathgeb-Schnierer, 2006).

Für die adaptive Wahl von Strategien scheint insbesondere konditionales Wissen, also Wissen darüber, *wann* (bei welchen Aufgabentypen) *welche* Lösungsstrategien sinnvoll und geschickt anwendbar sind, erforderlich. Hier setzt die Interventionsstudie LIMIT Grundschule an.

Verschachteltes Lernen (*interleaved practice*) bedeutet, dass Lerninhalte vermischt bzw. abwechselnd im Unterricht behandelt werden, im Gegensatz zum geblockten Lernen, bei dem ein Inhalt nach dem anderen eingeführt und geübt wird, bevor das nächste Thema im Unterricht aufgegriffen und geübt wird. Vereinfacht könnte man geblocktes Lernen mit AAAABBBBCCCCDDDD symbolisieren, verschachteltes Lernen etwa mit ABCDACBDBADCACDB.

Das Verschachteln von Inhalten stellt aus kognitionspsychologischer Sicht eine Erschwernis beim Lernen dar, denn im Unterschied zum geblockten Lernen werden hierbei vom Lernenden kognitiv anspruchsvollere Aktivitäten erwartet. Werden z. B. mathematische Inhalte, Operationen oder Strategien vermischt bzw. verschachtelt, ist der Lernende eher gefordert, Aufgaben zu analysieren, zu klassifizieren und sich bewusst für den erforderlichen Bearbeitungsweg zu entscheiden. Es geht im Unterschied zum geblockten Lernen also nicht um die wiederholte Anwendung einer Operation oder Strategie, sondern auch um die Entscheidung, *welche* Operation oder Strategie jeweils angewendet werden muss. Dies setzt umfassende Diskriminationsprozesse des Lernenden voraus. Verschachteltes Lernen stellt somit eine sogenannte wünschenswerte Erschwernis (*desirable difficulty*) dar (Bjork & Bjork, 2011; Lipowsky et al., 2015). Bislang vorliegende Studien, welche allerdings meist im Labor und nicht im Klassenzimmer stattfanden und welche bislang primär das Lernen von Erwachsenen und nicht von Kindern oder

Jugendlichen untersuchten, ermittelten häufig positive Effekte für das verschachtelte Lernen (Dunlosky et al., 2013). Theoretisch werden die positiven Effekte des verschachtelten Lernens mit dem wiederholten Abrufen von Inhalten aus dem Langzeitgedächtnis und/oder dem fortgesetzten Diskriminieren und Kontrastieren von Lerninhalten erklärt (Dunlosky et al., 2013; Kang & Pashler, 2012; Taylor & Rohrer, 2010).

## **Das Projekt LIMIT**

Das Projekt LIMIT (Verschachteltes Lernen im Mathematikunterricht) ist ein Teilprojekt des Forschungsschwerpunkts „Wünschenswerte Erschwernisse beim Lernen“ an der Universität Kassel und besteht aus mehreren Teilstudien. In der Grundschulstudie werden die Effekte verschachtelten Lernens auf die adaptive Wahl von Subtraktionsstrategien im 3. Schuljahr untersucht. Hierbei wird die Effektivität einer verschachtelten und einer geblockten Lernumgebung miteinander verglichen. Neben der Frage, ob sich positive Effekte des verschachtelten Lernens auf die Adaptivität und Flexibilität der Strategiewahl im Vergleich zum geblockten Lernen nachweisen lassen, wird auch analysiert, welche Bedeutung motivationale Lernvoraussetzungen für den Lernerfolg haben, wenn der Lernprozess durch das Verschachteln erst einmal schwerer wird.

## **Die Pilotstudie**

In diesem Beitrag werden Ergebnisse der Pilotstudie berichtet. Im Unterschied zur geplanten Hauptstudie, in der beide Lernumgebungen – verschachtelt und geblockt – implementiert und vergleichend untersucht werden, wurden im Rahmen der Pilotstudie nur die Effekte der verschachtelten Bedingung analysiert, da in der geblockten Bedingung nur ein Teil der Subtraktionsstrategien unterrichtet wurde. Verschachtelt wurden hierbei halb-schriftliche Strategien der Subtraktion, wie das *Ergänzen*, die Bildung von *Hilfsaufgaben*, *stellenweises Rechnen* sowie das *schriftliche Normalverfahren* (Abziehen mit Entbündeln). Die Lernumgebung erstreckte sich auf insgesamt 10 Unterrichtsstunden. Die Stichprobe bestand aus insgesamt 19 Kindern des 3. Schuljahres. Um die Entwicklung der Flexibilität und Adaptivität in der Strategiewahl zu untersuchen, wurde unmittelbar vor der Unterrichtseinheit ein Prätest und unmittelbar danach ein Posttest eingesetzt. Acht Aufgaben im Prä- und Posttest (sieben Subtraktions- und eine Additionsaufgabe) waren identisch und dienten als Ankeraufgaben. Sie erforderten von den Kindern eine möglichst geschickte Bearbeitung. Als Indikator für die Strategieflexibilität eines Lernenden wurde die Anzahl der angewandten unterschiedlichen Lösungsstrategien bei den acht Ankeraufgaben gewertet

(Maximum: 8). Die Adaptivität wurde bestimmt, indem für jede der acht Ankeraufgaben normativ festgelegt wurde, welche Strategien vor dem Hintergrund der jeweiligen Aufgabencharakteristika als nicht adaptiv (0 Punkte), wenig adaptiv (1 Punkt) und als effizient und adaptiv (2 Punkte) angesehen werden können (Heinze et al., 2009; Grüßing et al., 2013). Insgesamt konnten im Prä- und Posttest somit jeweils 16 Punkte (8 Aufgaben x 2 Punkte) erreicht werden.

## **Ergebnisse**

Vergleicht man die Anzahl der für die acht Ankeraufgaben im Prä- und im Posttest angewandten Strategien, so zeigt sich, dass die Lernenden im Prätest im Mittel  $M = 1.50$  unterschiedliche Strategien ( $SD = 0.81$ ) nutzten, während der Mittelwert im Posttest mit  $M = 3.06$  ( $SD = 1.12$ ) Strategien deutlich größer ausfiel. Ein T-Test für verbundene Stichproben ergibt, dass dieser Unterschied auf dem 0.1%-Niveau mit einer Effektstärke von  $d \approx 1.60$  deutlich signifikant ist ( $t(15) = 5.42$ ;  $p < 0.001$ ). Genaue Analysen offenbaren, dass die Lernenden vor der Intervention hauptsächlich mit der Strategie *schrittweise* (ca. 69%) und mit der Strategie *stellenweise* (ca. 25%) rechneten. Im Posttest hingegen zeigt sich eine größere Vielfalt an Strategien. Am häufigsten wird die Strategie *stellenweise* (ca. 27%) genutzt. Die Strategien *Ergänzen* und *schriftliches Normalverfahren* nehmen jeweils einen Anteil von ca. 23% ein, während ein kleiner Teil der Aufgaben über die Nutzung von *Hilfsaufgaben* (ca. 7%) oder *schrittweise* (9%) gelöst wird. Auffällig ist also, dass der Anteil an Aufgaben, die über schrittweises Rechnen gelöst werden, stark gesunken ist.

Was die Entwicklung der Adaptivität anbelangt, erzielten die Lernenden im Prätest durchschnittlich einen Score von 6.00 Punkten ( $SD = 1.13$ ), im Posttest einen Score von 8.85 Punkten ( $SD = 2.23$ ). Ein T-Test für verbundene Stichproben ergibt auch für die Adaptivität einen signifikanten Zuwachs ( $t(13) = 4.26$ ,  $p < 0.001$  mit einer Effektstärke von  $d \approx 1.61$ ).

Insgesamt zeigt die Lernumgebung damit deutliche Effekte auf die Flexibilität und die Adaptivität. Interessant erscheint besonders, dass im Vergleich zu bisherigen Forschungsergebnissen (vgl. Selter, 2001) das schriftliche Normalverfahren nach dessen Einführung nicht als Lösungsweg dominiert.

## **Ausblick**

Die Ergebnisse der Pilotierung beziehen sich bisher nur auf eine kleine Stichprobe aus einer Klasse. Der Vergleich mit der geblockten Bedingung steht zudem noch aus. Mit der größeren Stichprobe in der Hauptstudie wird es dann auch möglich sein, den Einfluss motivationaler Voraussetzungen der

Lernenden zu prüfen. Denkbar ist, dass bei zunehmenden Erschwernissen insbesondere Lernende mit günstigen motivationalen Voraussetzungen profitieren. Ob dies aber tatsächlich der Fall ist, werden die Ergebnisse der Hauptstudie zeigen.

## Literatur

- Bjork, E. L. & Bjork, R. A. (2011). Making things hard on yourself, but in a good way: Creating desirable difficulties to enhance learning. In M. A. Gernsbacher, R. W. Pew, L. M. Hough & J. R. Pomerantz (Eds.), *Psychology and the real world: Essays illustrating fundamental contributions to society* (pp. 56–64). New York: Worth Publishers.
- Blöte, A. W., Klein A. & Beishuizen, M. (2000). Mental computation and conceptual understanding. *Learning and Instruction, 10*(3), 221–247.
- Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J. & Willingham, D. T. (2013). Improving students' learning with effective learning techniques promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public Interest, 14*(1), 4–58.
- Grüßing, M., Schwabe, J., Heinze, A. & Lipowsky, F. (2013). Adaptive Strategiewahl bei Additions- und Subtraktionsaufgaben: eine experimentelle Studie zum Vergleich zweier Instruktionsansätze. In G. Greefrath, F. Käpnick & M. Stein (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2013* (S. 388–391). Münster: WTM-Verlag.
- Heinze, A., Marschick, F. & Lipowsky, F. (2009). Addition and subtraction of three-digit numbers: adaptive strategy use and the influence of instruction in German third grade. *ZDM Mathematics Education, 41*(5), 591–604.
- Kang, S. H. K. & Pashler, H. (2012). Learning painting styles: Spacing is advantageous when it promotes discriminative contrast. *Applied Cognitive Psychology, 26*(1), 97–103.
- Lipowsky, F., Richter, T., Borromeo-Ferri, R., Ebersbach, M. & Hänze, M. (2015). Wünschenswerte Erschwernisse beim Lernen. *Schulpädagogik heute, 6*(11), 1–10. URL: [http://www.schulpaedagogik-heute.de/conimg/Archiv/SH\\_11/06\\_01.pdf](http://www.schulpaedagogik-heute.de/conimg/Archiv/SH_11/06_01.pdf)
- Rathgeb-Schnierer, E. (2006). *Kinder auf dem Weg zum flexiblen Rechnen. Eine Untersuchung zur Entwicklung von Rechenwegen bei Grundschulkindern auf der Grundlage offener Lernangebote und eigenständiger Lösungsansätze*. Hildesheim, Berlin: Franzbecker (Texte zur mathematischen Forschung und Lehre, 46).
- Selter, C. (2001). Addition and subtraction of three-digit numbers: German elementary children's success, methods and strategies. *Educational Studies in Mathematics, 47*(2), 145–173.
- Taylor, K. & Rohrer, D. (2010). The effects of interleaved practice. *Applied Cognitive Psychology, 24*(6), 837–848.
- Torbeyns, J., Verschaffel, L. & Ghesquière, P. (2006). The development of children's adaptive expertise in the number domain 20 to 100. *Cognition and Instruction, 24*(4), 439–465.