

Malina ABRAHAM, Dortmund & Susanne PREDIGER, Dortmund/Berlin

Sprachbildung in digitalen verstehensorientierten Lerneinheiten zum Operationsverständnis

Während Plattformen und Lerneinheiten zum Aufbau und adaptivem Training von Rechenfertigkeiten bereits breit etabliert sind (vgl. kritische Analyse von Thurm, 2020), müssen verstehensorientierte digitale Lerneinheiten erst forschungsbasiert entwickelt werden. *Divomath* ist ein Design-Research-Projekt, das dieses Ziel für die Klassen 3-6 verfolgt. Am Beispielmodul S1 zum Divisionsverständnis (Kl. 5) zeigt dieser Kurzbeitrag, wie dabei auch fachbezogene Sprachbildung zu berücksichtigen ist.

Digitale Designelemente für fach- und sprachdidaktische Prinzipien

Konzeptuelles Lernziel: Verstehensorientierte Lerneinheiten zielen auf den Aufbau von konzeptuellem Verständnis, in unserem Fall der Wiedererarbeitung von Multiplikations- und Divisionsverständnis in Klasse 5. Dies gelingt nicht mit einzelnen Aufgaben, sondern ganzen Aufgabensequenzen, die Lernpfade vom inhaltlichen Denken an graphischen Darstellungen hin zu einem inhaltlich-anschaulich begründeten Kalkül führen. Sie üben nicht nur bereits Gelerntes, sondern bieten für jeden Schritt des Lernpfads Erarbeitungs- und Systematisierungsgelegenheiten. Für das Verständnis der Multiplikation und Division ist die Grundvorstellungen vom Zählen in Bündeln aufzubauen und ihre Umkehrbeziehung zum Verteilen und Aufteilen herauszuarbeiten (Götze & Baiker, 2021).

Prinzip Darstellungsvernetzung statt -wechsel: Das Erarbeiten und Systematisieren der Grundvorstellungen folgt dem Designprinzip der Darstellungsvernetzung. Es kann in digitalen Lerneinheiten durch multiple Repräsentationen (Text, Aufgabe, Bilder) unterstützt werden (Drijvers et al., 2016), insbesondere durch Designelemente wie dynamische Visualisierungen, die die entscheidenden mentalen Prozesse und mathematischen Strukturen fokussieren durch kongruente Gesten (Reinhold et al., 2020). Eine echte *Vernetzung* der Darstellungen (statt rein oberflächlicher Zuordnung per Drag & Drop) erfolgt allerdings erst, wenn Lernende auch erklären können, wie strukturell relevante Elemente einer Darstellung in der nächsten zu erkennen sind (Renkl et al., 2013).

Prinzip des sukzessiven Aufbaus bedeutungsbezogener Sprache: Empirische Studien haben wiederholt gezeigt, dass das Erklären der Vernetzung der Darstellungen für viele Lernende sprachlich herausfordernd ist und deswegen gezielt gefördert werden muss (Götze & Baiker, 2021; Prediger, 2019). Daher ist für verstehensorientierte digitale Lerneinheiten auch zu untersuchen,

wie der sukzessive Aufbau einer geeigneten bedeutungsbezogenen Sprache digital unterstützt werden kann. Für Multiplikations- und Divisionsverständnis wurde die Bündelsprache als entscheidende bedeutungsbezogene Satzbausteine identifiziert (Prediger, 2019): $3 \cdot 4$ als *drei 4er* (in Punktefeldern *drei 4er-Reihen*), mit dem auch Aufteilsituationen (*12 Elemente werden in 4er-Reihen eingeteilt*) und Verteilsituationen (*12 Elemente werden auf drei Reihen verteilt*) zu beschreiben sind. In digitalen Lerneinheiten lässt sich die Aneignung dieser wichtigen bedeutungsbezogenen Satzbausteine durch Designelemente wie Sprachangebote von Leitfiguren oder Erklärvideos unterstützen.

Adaptivität der Sprachangebote als Grenze von Selbstlern-Einheiten: Sukzessiver Sprachaufbau gelingt am besten, wenn neu einzuführende Satzbausteine an eigensprachliche Ressourcen der Kinder angeknüpft werden. Satzbausteine, die als Formulierungshilfen ohne Anknüpfung angeboten werden, bergen das Risiko, von den Lernenden nicht oder falsch aufgegriffen zu werden. Wie der kurze empirische Einblick in diesem Kurzbeitrag zeigt, ist dies eine zentrale Grenze von Selbstlern-Einheiten, so dass unsere Lerneinheiten stets auch Gespräche mit Moderation der Lehrkräfte vorsehen müssen.

Methodischer Rahmen der Design-Research-Studie

Die Lerneinheiten werden iterativ entwickelt und die initiierten Lehr-Lernprozesse qualitativ in mehreren Designexperiment-Zyklen beforscht. Im ersten Zyklus wurden Designexperimente von Masterstudierenden mit 56 Kindern der 5./6. Klasse durchgeführt. Die Sitzungen dauerten jeweils 30 bis 90 Minuten und wurden in Einzel- oder Partnerarbeit erhoben, videographiert und partiell transkribiert. Die in diesem Kurzbeitrag analysierte Aufgabe folgte im Lernpfad nach dem Aufbau der Grundvorstellungen der Multiplikation durch Nutzung dynamischer Visualisierungen und nach dem Angebot der oben erwähnten bedeutungsbezogenen Satzbausteine durch Leitfiguren. Sie geht auf die Wiedererarbeitung der Division über durch die Darstellungsvernetzungsangabe in Abb. 1 zwischen einem statischen Punktefeld und drei Termen in der Sprachhandlung des Erklärens. Für die Analyse, inwiefern die Lernenden die Sprachangebote tatsächlich aufgriffen,

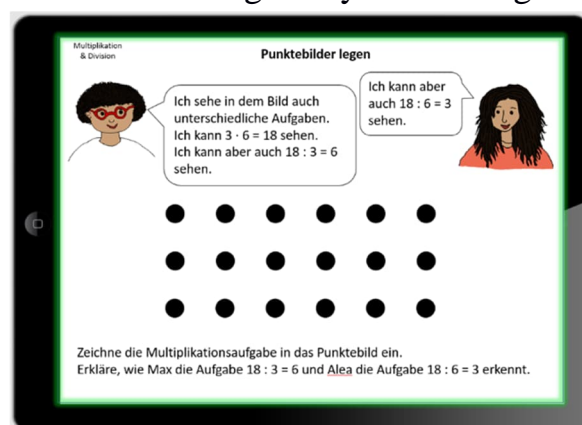


Abb. 1: Darstellungsvernetzungsangabe im Übergang zur Division

wurden alle richtig verwendeten Sprachmittel der 19 Lernenden aus den Transkripten zu dieser Aufgabe extrahiert.

Erste Analyseergebnisse

Im Design intendiert war, dass die Lernenden zum Erklären der Passung die Bündelsprache nutzen, um die verschiedenen (mentalen) Handlungen der Operationen verdichtet zu beschreiben. Die Inventarisierung in Abb. 2 zeigt jedoch die große Breite eigensprachlicher Ressourcen: Sie variieren zwischen Lernenden, aber auch bei gleichen Lernenden innerhalb einer Sequenz. Auffällig ist, dass vorrangig die einzelnen Zahlen, aber noch selten ihre multiplikative Struktur und die Umkehrbeziehung versprachlicht werden. Die Lernenden haben also ihre eigensprachlichen Ressourcen noch zu wenig um die angebotenen strukturell relevanten Satzbausteine erweitert, sondern verharren auch beim Übergang zur Division im Fokus auf Einzelzahlen.

Gesamtanzahl	Gruppenanzahl	Gruppengröße	Aussagen mit operationaler Verknüpfung	Immer drei 6er
Alle Punkte Insgesamt in den 3 Paketen	Reihe Gruppe Bündel Kreise Menge Stück Spalten	6 Punkte 6 Kreise Drei 6er	6 Punkte in einer Reihe mit jeweils 6 Punkten jeweils 6 in den 3 Kreisen	$3 \cdot 6 = 18$ Multiplikation
Alle Punkte zusammen	Kreise Reihen Spalten Päckchen Kästchen Linien Zeile	Die Menge 6 6 Plättchen 6er Gruppe 6 Stück Ein Paket	Durch dieses eine Paket Durch die Menge 6 immer 6 in einer Reihe In jeder Gruppe ist 6 Stück	$18 : 6 = 3$ Aufteilen
Das Ganze Alle Punkte zusammen	Pakete Reihe Spalten Kinder Gruppen	Punkte in den Kreisen Inhalt Münzen 6 Plättchen	In den Kästchen immer 6 In diesen Päckchen jeweils 6 Punkte	$18 : 3 = 6$ Verteilen

Abb. 2: Inventarisierung der verwendeten Satzbausteine für die Aufgabe aus Abb. 1

Konsequenzen für das weitere Design der digitalen Lerneinheiten

Die Analyse zeigt die Notwendigkeit, Angebote von Satzbausteinen im moderierten Gespräch mit den vielfältigen eigensprachlichen Ressourcen der Lernenden zu verknüpfen und dabei die Potentiale der verdichteten Satzbausteine zu thematisieren („Was Paula in drei Sätzen gesagt hat, können wir ganz knapp sagen und dabei betonen, warum es *mal* ist und nicht *plus*“). Eine solche adaptive Moderation der Lehrkraft ist also nicht nur mathematikdidaktisch wichtig zum Zusammenführen vielfältiger Sichtweisen auf multiplikative Strukturen, sondern auch sprachdidaktisch für den sukzessiven Aufbau und Ausbau der Sprache der Kinder durch gezieltes Anknüpfen.

Im weiterentwickelten digitalen Material wird das Anknüpfen zusätzlich durch Aufträge zur *Sprachebenenvernetzung* unterstützt, bei denen die Kinder alltagssprachliche und verdichtete bedeutungsbezogene Beschreibungen einander zuordnen sollen. Lehrkräfte werden zudem durch die Handreichungen sensibilisiert, dass es nicht nur auf die Versprachlichung der Zahlen, sondern der Operation selbst ankommt.

Fazit und Ausblick

Digitale Lerneinheiten müssen Phasen des Selbstlernens mit moderierten Kleingruppen oder Klassengesprächen so kombinieren, dass alle Lernziele erreicht werden können. Während prozedurale Fähigkeiten auch rein im Selbstlernbetrieb erworben werden können, erfordert ein Verstehensaufbau und ein Sprachaufbau stets auch, an die mitgebrachten Ressourcen der Lernenden gezielt anzuknüpfen, dies geht im Gespräch oft besser als durch automatisches Feedback. Digitale Lerneinheiten können auch die Sprachbildung durch entsprechende Designelemente unterstützen, insbesondere durch (a) Aufträge zu reichhaltigen Sprachhandlungen wie das Erklären der Vernetzung, (b) Sprachangebote von Leitfiguren oder Erklärvideos, (c) Aufgaben zur Darstellungs- und Sprachebenenvernetzung, mit denen die Anknüpfungen und Zusammenhänge verdeutlicht werden. Sie können die Gespräche mit Moderation durch die Lehrkraft vorbereiten und bereichern, aber nicht ersetzen. Es wird eine wichtige Entwicklungsherausforderung, auch die digitalen Handreichungen so zu gestalten, dass Lehrkräfte diese Moderationen so treffsicher wie möglich umsetzen können.

Förderhinweis. Das Projekt Divomath wird geleitet von Christoph Selter und Susanne Prediger und gefördert vom Ministerium für Bildung und Schule Nordrhein-Westfalen.

Literatur

- Drijvers, P., Ball, L., Barzel, B., Heid, M. K., Cao, Y. & Maschietto, M. (2016). *Uses of Technology in Lower Secondary Mathematics Education*. Springer.
- Götze, D. & Baiker, A. (2021). Language-responsive support for multiplicative thinking as unitizing. *ZDM*, 53, 263–275. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01206-1>
- Prediger, S. (2019). Mathematische und sprachliche Lernschwierigkeiten: Empirische Befunde und Förderansätze am Beispiel des Multiplikationskonzepts. *Lernen und Lernstörungen*, 8(4), 247–260. <https://doi.org/10.1024/2235-0977/a000268>
- Reinhold, F., Hofer, S. I., Hoch, S., Werner, B., Richter-Gebert, J. & Reiss, K. (2020) Digital support principles for sustained mathematics learning in disadvantaged students. *PLoS ONE*, 15(10), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal>
- Renkl, A., Berthold, K., Große, C. S. & Schwonke, R. (2013). Making better use of multiple representations. In R. Azevedo & V. Aleven (Eds.), *International Handbook of Metacognition and Learning Technologies* (pp. 397–408). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5546-3_26
- Thurm, D. (2020). *Digitale Mathematik-Lernplattformen in Deutschland. Expertise*. Universität Duisburg-Essen.