

Individuelle Förderung experimenteller Fähigkeiten in der Grundschule - Pilotierungsergebnisse

Ausgangslage

Bereits im Sachunterricht der Grundschule sollen Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliche Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen erlernen. Dazu gehören u. a. die Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten sowie das Verstehen und Durchführen gezielter Parametervariation bei Experimenten (Variablenkontrollstrategie, VKS) (s. GDSU, 2013, S.40). Dabei ist die VKS ein zentrales Konzept in allen drei Phasen (Planung, Durchführung, Auswertung) eines Experiments (Hammann & Mayer, 2012; Klahr & Dunbar, 1988) und kann von Schülerinnen und Schülern bereits in der Primarstufe erworben werden (vgl. Chen & Klahr, 1999; Klahr & Nigam, 2004). Allerdings haben Schülerinnen und Schüler aller Altersgruppen bis in die Sekundarstufe I Probleme bei der Umsetzung der VKS in Experimenten (Bullock & Sodian, 2003; Hammann, Phan, Ehmer & Bayrhuber, 2006). Folglich sind Unterstützungsangebote beim Lernen der VKS im Experiment wünschenswert. Als potenziell geeignete Unterstützungsangebote wurden Lösungsbeispiele (z. B. Koenen, 2014) und Aufgaben mit gestuften Lernhilfen (z. B. Franke-Braun, 2008) identifiziert. Beide unterscheiden sich im Wesentlichen in der möglichen Autonomie bei der Nutzung. Daher liegt es nahe, dass sie in Abhängigkeit individueller Lernvoraussetzungen (u. a. Selbstregulationsfähigkeit) unterschiedlich wirksam sind. Um dies zu untersuchen, wird ein Testinstrument zur Erfassung der VKS bei Grundschulkindern (Jahrgangstufe 3 bis 4) benötigt. Ein solches Testinstrument sollte, um das Konstrukt vollständig zu erfassen, die Fähigkeit zur Anwendung der VKS in allen drei Phasen des Experiments messen. Während dies für die Phasen der Planung und Auswertung durchaus durch ein schriftliches Instrument erfolgen kann, sollte die Fähigkeit zur Berücksichtigung der VKS bei der Durchführung im hands-on-Format erfasst werden.

VKS - Test für die Jahrgangsstufen 3 und 4

Vorliegende, veröffentlichte Testinstrumente sind überwiegend für andere Zielgruppen konzipiert (z. B. Schwichow, 2015; Vorholzer, 2016) oder enthalten keine hands-on-Anteile (z. B. Chen & Klahr, 1999). Jedoch stellen sie die Basis für den hier vorgestellten und für die Zielgruppe entwickelten Test dar. Im Folgenden werden die Konzeption des schriftlichen Teils und Pilotierungsergebnisse zur Testqualität vorgestellt.

Im Wesentlichen auf Grundlage der schriftlichen multiple-choice Tests von Schwichow (2015) und Chen und Klahr (1999) wurden Items zu vier verschiedenen Experimenten mit den Themen Schaukeln, Stromkreise, Marmelbahnen und Federn entwickelt. In jedem Experiment können drei verschiedene Variablen mit je zwei unterschiedlichen Ausprägungen untersucht werden (z. B. Marmelbahn: Höhe der Bahn, Größe der Marmel, Beschaffenheit des Bodens). Im Folgenden werden beispielhaft Items zur Planung und Auswertung vorgestellt.

Items zur Planung

Im Itemstamm wird den Schülerinnen und Schülern eine Frage von Suse und Tom (zwei fiktive Kinder) zum Einfluss einer bestimmten unabhängigen Variable auf eine abhängige Variable präsentiert, z. B. „Bestimmt die Höhe der Bahn, wie schnell eine Marmel rollt?“. Diese Frage soll durch einen Vergleich von zwei experimentellen Anordnungen beantwortet

werden. Darunter werden vier Bildpaare präsentiert. Jedes Bildpaar zeigt zwei Anordnungen für den Vergleich. Davon ist nur ein Bildpaar für die Beantwortung der Fragestellung geeignet. Die drei Distraktoren folgen bei allen Items der gleichen Systematik:

- Typ 1: Die experimentellen Anordnungen unterscheiden sich nur in einer Variablen. Hierbei handelt es sich aber nicht um die unabhängige Variable der Fragestellung.
- Typ 2: Die experimentellen Anordnungen unterscheiden sich in zwei Variablen, der unabhängigen Variablen und einer weiteren (einfache Konfundierung).
- Typ 3: Die experimentellen Anordnungen unterscheiden sich in allen drei Variablen (zweifache Konfundierung).

Insgesamt wurden zu jedem der vier Experimente drei Items entwickelt, je ein Item pro möglicher unabhängiger Variable.

Items zur Auswertung

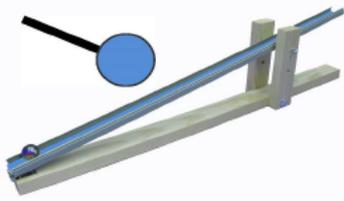
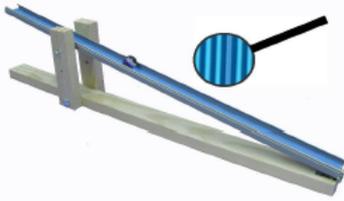
<p>Suse und Tom vergleichen zwei Aufbauten. Sie lassen auf beiden Bahnen gleichzeitig eine Murmel losrollen. Etwas später beobachten sie Folgendes:</p>	
	
<p>Was zeigt der Vergleich?</p> <p>Kreuze die richtige Antwort an, die zu diesen Beobachtungen passt!</p>	
<input type="checkbox"/>	Die Höhe der Bahn bestimmt, wie schnell eine Murmel rollt.
<input type="checkbox"/>	Der Boden der Bahn bestimmt, wie schnell eine Murmel rollt.
<input type="checkbox"/>	Die Größe der Murmel bestimmt, wie schnell sie rollt.
<input type="checkbox"/>	Suse und Tom können bei diesem Vergleich nichts davon feststellen.

Abb. 1 Beispiel Item zur Auswertung

Im Itemstamm wird beschrieben, dass Suse und Tom einen Vergleich zweier experimenteller Anordnungen durchgeführt haben (vgl. Abb. 1). Der Vergleich ist in einem Bildpaar dargestellt. Die Schülerinnen und Schüler sollen entscheiden, welche Schlussfolgerung Suse und Tom aus dem Ergebnis ihres Vergleichs ziehen können. Es gibt vier Antwortmöglichkeiten, darunter immer auch die Möglichkeit, dass Suse und Tom keinen Schluss aus dem Vergleich ziehen können. Die drei weiteren Antwortmöglichkeiten sind Aussagen zum Einfluss einer unabhängigen Variablen (z. B. Höhe der Bahn) auf die abhängige Variable, (hier: Schnelligkeit der Murmel). Die Items zur Auswertung unterscheiden sich darin, welche Aussage aufgrund des Bildpaares getroffen werden kann:

- Typ 1: Die zwei experimentellen Anordnungen unterscheiden sich nur in einer Variablen. Die Schülerinnen und Schüler müssen hier die Schlussfolgerung mit der richtigen unabhängigen Variable auswählen.
- Typ 2: Die zwei experimentellen Anordnungen sind identisch. Die Schülerinnen und Schüler müssen erkennen, dass keine Aussage über den Einfluss einer der Variablen getroffen werden kann.
- Typ 3: Die zwei experimentellen Anordnungen unterscheiden sich in drei Variablen. Auch hier müssen die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass keine Aussage über den Einfluss einer Variablen getroffen werden kann.

Durchführung der Pilotierung

Für die Pilotierung wurden die insgesamt 24 Items zu den vier Experimenten in zwei Testheften mit jeweils drei Experimenten (18 Items, maximal 18 Punkte) zusammengestellt:

- Testheft A enthält die Experimente Schaukeln, Stromkreise, Marmelbahnen.
- Testheft B enthält die Experimente Schaukeln, Stromkreise, Federn.

Für die Bearbeitung eines Testhefts wurden 45 Minuten (15 Minuten pro Experiment) eingeplant. Vor Beginn der Bearbeitung des Testhefts erhielten die Schülerinnen und Schüler eine kurze Einführung in das Aufgabenformat. Vor jedem Itemblock zu einem Experiment wurde das Experimentiermaterial, das in den entsprechenden Abbildungen gezeigt ist, kurz vorgestellt. Beides erfolgte anhand eines detaillierten Testleiterskripts.

Der VKS-Test wurde mit insgesamt 81 Schülerinnen und Schülern aus zwei dritten Klassen (Schuljahresende) pilotiert. Im Rahmen der Pilotierung wurden auch Interventionsmaterialien zur Förderung der VKS durch Lösungsbeispiele bzw. Aufgaben mit gestuften Lernhilfen pilotiert (Interventionsdauer: zwei Doppelstunden im Abstand von zwei Wochen), auf die hier nicht näher eingegangen wird. Die Schülerinnen und Schüler bearbeiteten vor und nach der Intervention im Abstand von insgesamt vier Wochen das gleiche Testheft. Durch den Einsatz des VKS-Tests als Vor- und Nachtest konnte gleichzeitig überprüft werden, inwieweit mit dem Test Lernzuwächse nachgewiesen werden können. Es liegen 56 vollständige Datensätze vor (Vor- und Nachtest sowie Interventionsteilnahme) vor, davon 29 für Testheft A und 27 für Testheft B.

Ergebnisse der Pilotierung

Im Verlauf der Pilotierung konnte beobachtet werden, dass nur wenige Verständnisfragen zur Bearbeitung des Tests auftraten und die vorgesehene Bearbeitungszeit eingehalten werden konnte. Nur fünf Testhefte im Prätest und drei Testhefte im Posttest wurden unvollständig bearbeitet.

Eine Analyse der Items zeigt für beide Testhefte zufriedenstellende Kennwerte sowohl zum Prä- als auch zum Postzeitpunkt. Die Messung erfolgt reliabel (z. B. Testheft A: Cronbachs α : $\alpha_{\text{Vortest}} = .79$ / $\alpha_{\text{Nachtest}} = .88$). Es zeigten sich keine Boden- oder Deckeneffekte bei der Bearbeitung des VKS-Test; die Itemschwierigkeit liegt z. B. für Testheft A im Vortest im Bereich $.07 - .66$ und im Nachtest im Bereich $.28 - .83$. Mit dem Test kann ein Lernzuwachs zwischen Vor- und Nachtest nachgewiesen werden (Testheft A: $t(28) = -5.375$, $p < .001$, $d_z = 0.999$, $1-\beta = .999$).

Bereits für ein reduziertes Testheft mit zwei Experimenten (Stromkreise und Marmelbahnen) ergeben sich ähnlich gute Reliabilitäten ($\alpha_{\text{Vortest}} = .75$ / $\alpha_{\text{Nachtest}} = .86$) und Itemschwierigkeiten in demselben Bereich wie für Testheft A. Die Trennschärfen aller Items liegen im Vortest über $.11$ und im Nachtest über $.22$. Auch mit dieser Auswahl kann ein signifikanter Lernzuwachs nachgewiesen werden ($t(28) = -5.026$, $p < .001$, $d_z = 0.936$, $1-\beta = .998$).

Fazit und Ausblick

Die Pilotierungsergebnisse zeigen, dass der Test für die Altersgruppe geeignet zu sein scheint. Um in vertretbarer Testzeit auch noch den in der Entwicklung befindlichen hands-on-Test einsetzen zu können, soll der schriftliche Test auf die beiden oben genannten Experimente reduziert werden. Damit soll in der Hauptstudie die Lernwirksamkeit der Unterstützungsangebote (Lösungsbeispiele und Aufgaben mit gestuften Lernhilfen) differenziert nach Lernvoraussetzungen untersucht werden.

Literatur

- Bullock, M. & Sodian, B. (2003). Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens. In W. Schneider & F.E. Weinert (Eds.), *Entwicklung, Lehren und Lernen*. Göttingen u. a.: Hogrefe - Verlag, 75-92
- Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All other things being equal. Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child Development*, 70(5), 1098-1120
- Franke-Braun, G. (2008). *Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. Ein Aufgabenformat zur Förderung der sachbezogenen Kommunikation und Lernleistung für den naturwissenschaftlichen Unterricht*. Berlin: Logos
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht (Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe)*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt
- Hammann, M., Phan, T.T.H., Ehmer, M. & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 5(59), 292-299
- Hammann, M. & Mayer, J. (2012). Was lernen Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren? *Biologie in unserer Zeit*, 42(5), 284-285
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12(1), 1-48
- Klahr, D. & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction. Effect of direct instruction and discovery learning. *Psychological science*, 15(10), 661-667
- Koenen, J. (2014). *Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen*. Berlin: Logos
- Schwichow, M. (2015). *Förderung der Variablen-Kontroll-Strategie im Physikunterricht*. Dissertation. Universität Kiel
- Vorholzer, A. (2016). *Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes*. Berlin: Logos