

Brandenburger, Martina  
 Mikelskis-Seifert, Silke  
 Schwichow, Martin  
 Wilbers, Jens

Pädagogische Hochschule Freiburg

## Variablenkontrollstrategien in der Grundschule

**Variablenkontrollstrategien.** Ein Ziel des Sachunterrichts an der Grundschule ist die Weiterentwicklung naturwissenschaftlicher Präkonzepte, um ein anschlussfähiges Lernen zu ermöglichen (KMK Empfehlungen zur Arbeit in der Grundschule, 2015). Hierbei ist der Unterricht so zu gestalten, dass das naturwissenschaftliche Denken der Schülerinnen und Schüler gefördert wird (Bildungsplan Sachunterricht Baden-Württemberg, 2016). Beim Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten ist ein Verständnis von und Wissen über kontrollierte Experimente von zentraler Bedeutung. Bei einem kontrollierten Experiment wird beim Vergleich experimenteller Bedingungen lediglich eine Variable verändert und alle anderen konstant gehalten. Dieses grundlegende Prinzip der Erkenntnisgewinnung wird als Variablenkontrollstrategie (VKS) bezeichnet (vgl. Chen & Klahr, 1999). Variablenkontrollstrategien umfassen hierbei vier verschiedene Teilfähigkeiten (vgl. Chen & Klahr, 1999; Schwichow et al., 2016a; s.h. auch Brandenburger & Mikelskis-Seifert, 2019). Im Rahmen der vorgestellten Studie stehen im Fokus: *Identifizierung*: Es kann entschieden werden, ob es sich bei einer Versuchsreihe um ein kontrolliertes Experiment handelt. *Interpretation*: Liegt ein kontrolliertes Experiment vor, können Schlüsse aus den Ergebnissen gezogen werden.

**Forschungsstand.** Grundschul Kinder kommen bereits mit Vorwissen (und Fehlvorstellungen) zu VKS in den Unterricht (vgl. Siler & Klahr, 2012). Da insbesondere in diesen Jahrgangsstufen (Klasse 2 – 4) eine große Veränderung der Fähigkeiten hinsichtlich VKS zu erwarten ist (vgl. z.B. Chen & Klahr, 1999), stehen Grundschul Kinder im Fokus vieler Untersuchungen. Die verwendeten Erhebungsmethoden weisen jedoch oft Einschränkungen auf. So werden beispielsweise wenig grundschulspezifische Inhalte als Kontext von Aufgaben gewählt (z.B. schiefe Ebene, Federn, Pendel etc. vgl. Chen & Klahr, 1999, Viefers et al., 2018). Darüber hinaus haben Schüler oft kein generelles Verständnis von VKS (vgl. Zimmerman & Croker, 2013) – trotzdem prüfen viele bisherige Untersuchungen (implizit) nur eine Teilfähigkeit ab (vgl. Schwichow et al., 2016b) und ziehen verallgemeinernde Schlüsse zu VKS. Einschränkungen gibt es ebenfalls bei einer systematischen empirischen Untersuchung typischer Fehler bei der Anwendung von VKS (vgl. Siler & Klahr, 2012). Ausgehend von den Begrenzungen bisheriger Untersuchungen und den Eigenschaften von VKS wurde, basierend auf den Ergebnissen von Untersuchungen mit älteren Schülern (z.B. Brandenburger & Mikelskis-Seifert, 2019) ein Testinstrument entwickelt, dessen Ziel es ist, einerseits Teilfähigkeiten von VKS anhand von grundschulspezifischen Kontexten und andererseits typische Fehler bei der Anwendung von VKS zu erheben, um so dazu beizutragen, die vorliegenden Forschungslücken zu füllen.

**Forschungsfragen und Hypothesen.** Aus dem dargelegten theoretischen Hintergrund ergeben sich die folgenden Forschungsfragen und Hypothesen.

*F1: Welche Dimensionalität weisen Variablenkontrollstrategien auf?* Es ist zu prüfen, ob es sich bei VKS um ein eindimensionales oder mehrdimensionales Konstrukt handelt. Aus der Unterteilung der VKS in verschiedene Teilfähigkeiten kann vermutet werden, dass die Teilfähigkeiten verschiedene Dimensionen des Gesamtkonstrukts darstellen. Darüber hinaus ist es denkbar, dass unterschiedliche Itemtypen zu Aspekten der Teilfähigkeiten oder die ge-

wählten Kontexte weitere Dimensionen darstellen.

*F2: Welche Schwierigkeitsstruktur weisen VKS auf?* Es wird untersucht, inwieweit die benötigte Teilfähigkeit („Identifizierung“ und „Interpretation“) bzw. Itemtypen zu den Teilfähigkeiten die Schwierigkeit von Items zur VKS beeinflussen. Darüber hinaus werden Unterschiede zwischen den Klassenstufen untersucht.

*F3: Welche typischen Fehler tauchen bei der Anwendung von VKS (konsistent) auf?* Aus Untersuchungen (z.B. Siler & Klahr, 2012; Haslbeck et al., 2018) sind typische Fehler bei der Anwendung von VKS in den Teilfähigkeiten bekannt (z.B. Wahl von nur einem Teilerperiment zur Prüfung von Hypothesen). Der Test wurde so konstruiert, dass durch die Distraktoren gezielt Fehlvorstellungen bei den Schülern angesprochen werden.

**Empirische Untersuchung.** Es wurde ein Test entwickelt, der die Teilfähigkeiten „Identifizierung“ und „Interpretation“ in fünf verschiedenen Kontexten der Grundschule (Fliegen/Fallen, Schwimmen/Sinken, Wiegen, Tiere beobachten) erhebt. Bei jeder Teilfähigkeit wurden zwei Itemtypen verwendet: Teilfähigkeit „Identifizierung“ kontrollierter Experimente ID1: als Distraktoren nicht kontrastive Experimente und nur Teilerperimente; ID2 als Distraktoren nicht kontrastive Experimente, einfache und zweifache Konfundierung bei Experimenten; Teilfähigkeit „Interpretation“ kontrollierter Experimente IN: Interpretation nennen, BE: Begründung für die Interpretation angeben. Insgesamt besteht ein Testheft aus 12 Items aus je drei Kontexten (s.h. Tabelle 1). Die Testzeit beträgt 45 Minuten. Es wurden insgesamt 415 Schülerinnen (49.4%) und Schüler der Klassenstufe 2 (165), 3 (105) und 4 (145) befragt. Vorbereitend für die

	Fallschirm	Boot	Limonade	Schnecke	Schwimmen
A	x	x	x		
B			x	x	x
C	x	x			x
D	x	x		x	

Tabelle 1 Inhalt der Testhefte

Auswertung wurden die Items dichotom kodiert. Ein Item zu BE wurde auf Grund einer schlechten Lösungswahrscheinlichkeit (.08) entfernt.

**Ergebnisse.** Zur Prüfung der *Dimensionalität* von VKS wurden verschiedene Rasch Modellierungen durchgeführt. Die Berechnung erfolgte mit TAM (MML 1PL, EAP/PV). Neben dem Grundmodell, das alle oben genannten Items enthält, wurde ein zweidimensionales Modell über die Teilfähigkeiten (Identifizierung, Interpretation), ein vierdimensionales Modell über die Itemtypen ( $N = 415$ , 1-dim., 2-dim., 4-dim., 5-dim.) und ein fünfdimensionales Modell über die Kontexte (Fallschirm, Boot, Limonade, Schnecke, Schwimmen) berechnet. Um die Passung

	Grundmodell	Teilfähigkeiten	Itemtyp	Kontext
Abweichung	5105.73	5063.35	5021.39	5083.65
Parameter ( $df$ )	20	22	29	34
Fit (wMNSQ)	0.75 – 1.14	0.81 – 1.10	0.87 – 1.19	0.77 – 1.13
EAP Reliabilität	0.62	.65 / .57	.27 – .66	.43 – .58

Tabelle 2 Modellvergleiche

der Modelle zu vergleichen, wurden die Abweichungen der Modelle unter der Anzahl der Modellparameter einander gegenübergestellt (s.h. Tabelle 2). Ein  $\chi^2$ -Test zeigt eine signifikant bessere Passung des zweidimensionalen und vierdimensionalen Modells im Vergleich zu den anderen Modellen. Der Item-Fit (wMNSQ) ist sowohl beim zweidimensionalen als auch vierdimensionalen Modell angemessen. Unter Berücksichtigung der EAP/PV Reliabilität ist das zweidimensionale Modell vorzuziehen, was auch hinsichtlich der theoretischen Einbettung der Teilfähigkeiten als Dimensionen von VKS passender ist. Die Dimensionen korrelieren miteinander (.80).

Zur Prüfung, was die Schwierigkeit der Items zu VKS beeinflusst, wurden Gruppenvergleiche der Lösungswahrscheinlichkeiten verschiedener Itemgruppen durchgeführt. Vergleicht man nach *Teilfähigkeit*, zeigen sich Unterschiede bei der mittleren Lösungswahrscheinlichkeit ( $t(828) = 18.58, p = .000, d = 1.27$ ). Items zur Identifizierung ( $M = 0.75, SD = 0.23$ ) sind

signifikant leichter als Items zur Interpretation ( $M = 0.45$ ,  $SD = 0.30$ ). Die unterschiedlichen Schwierigkeiten stehen im Einklang mit den verschiedenen Anforderungen der Teilfähigkeiten. Bei der Identifizierung muss nur ein kontrolliertes Experiment ausgewählt werden, wohingegen bei der Interpretation Schlüsse aus kontrollierten Experimenten gezogen und begründet werden müssen. Innerhalb der Dimension einer Teilfähigkeit zeigt sich ein deutlicher Einfluss des *Itemtemtyps* auf die Schwierigkeit (s.h. Schwierigkeitsprofil Abb. 1).

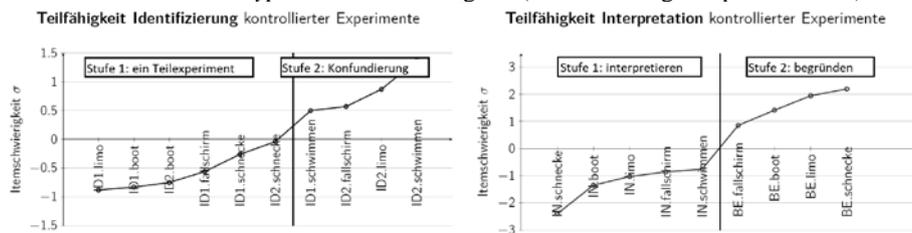


Abb. 1 Schwierigkeitsprofil der Dimensionen

Teilfähigkeit Identifizierung: Items mit dem Distraktor „nur ein Telexperiment“ (ID1) sind einfacher als Items mit dem Distraktor „einfach/zweifach konfundiertes Experiment“ (ID2). Teilfähigkeit Interpretation: Items, bei denen nur interpretiert werden muss (IN) sind einfacher als Items, bei denen die Interpretation begründet werden muss (BE). Anhand markanter Sprünge in der Schwierigkeit können jeweils zwei Stufen von Items gebildet werden. Anhand des Personenwerts in den Dimensionen werden die Schüler den Stufen zugeteilt. Vergleicht man die Verteilung auf die Stufen zwischen den Klassenstufen (s.h. Tab. 3), lassen sich Unterschiede zwischen der Klasse 2 und Klasse 3/4 feststellen: Mit höher Klassenstufe können Schüler schwerere Items erfolgreich bearbeiten. Dies steht im Einklang mit der Annahme, dass im Grundschulalter eine große Veränderung der Fähigkeiten zur VKS zu erwarten ist.

Im Rahmen der letzten Forschungsfrage wurde untersucht, welche *Fehlvorstellungen* zu VKS von Schülern konsistent gezeigt werden (d.h. bei 2/3 Antworten pro Test). Eine überwiegende Mehrheit der Schüler kann bei Items zu ID1 das korrekte Experimentepaar identifizieren (78.8%). Es tauchen die aus der Literatur bekannten Fehlvorstellungen (nicht kontrastiver Vergleich (1.7%), nur ein Telexperiment (7.5%)) als konsistente Strategie auf. Nur wenige der Schüler zeigen ein nicht eindeutiges Ankreuzverhalten (9.2%). Die Schüler schneiden bei Items zu BE deutlich schlechter ab. Nur 10.6% wählen konsequent die VKS adäquate Antwortoption (Vergleich der Experimente + Kontrolle der anderen Variablen). 52.0% argumentieren nur über den Vergleich von Experimenten. 22.2% begründen ihre Interpretation mit vorhandenem Wissen. 15.2% zeigen kein eindeutiges Antwortverhalten.

		Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
Dimension „Identifizierung“	Stufe 1	46.7% <sub>a</sub>	29.5% <sub>b</sub>	24.1% <sub>b</sub>
	Stufe 2	53.3% <sub>a</sub>	70.5% <sub>b</sub>	75.9% <sub>b</sub>
Dimension „Interpretation“	Stufe 1	53.3% <sub>a</sub>	36.2% <sub>b</sub>	32.4% <sub>b</sub>
	Stufe 2	46.7% <sub>a</sub>	63.8% <sub>b</sub>	67.6% <sub>b</sub>

Tabelle 3 Stufenteilung in den Klassen

**Abschluss.** Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in dieser Studie Ergebnisse gewonnen werden konnten, die sich in das bisherige Wissen über VKS einfügen. Es konnte die Modellierung von VKS als mehrdimensionales Konstrukt nach den Teilfähigkeiten bestätigt werden. Es zeigt sich eine Veränderung der Fähigkeit zur Variablenkontrolle in der Grundschule. Die aus bisherigen Forschungen bekannten Fehlvorstellungen konnten bestätigt und quantifiziert werden. Für den Unterricht zeigen sich VKS sowohl als Ressource, als auch als Feld mit Entwicklungsmöglichkeiten. Insgesamt wird mit dem vorgestellten Test eine Verbindung von Kompetenzmessung mit der Erhebung von Fehlvorstellungen realisiert.

## Literatur

- Brandenburger, M. & Mikelskis-Seifert, S. (2019). Facetten experimenteller Kompetenz in den Naturwissenschaften. In: C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 77). Universität Regensburg.
- 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.
- R., Gropengießer, H., & Stäudel, L. (2004). *Naturwissenschaftliches Arbeiten: Unterricht und Material 5-10*. Seelze-Velber: Friedrich-Verlag.
- Haslbeck, H.; Lankes, E., Kohlhauf, L.; Fritzsche, E. S.; Neuhaus, B. (2018): *Wie begründen Vorschulkinder ihre Entscheidungen beim Planen von naturwissenschaftlichen Experimenten? Das methodische Wissen von Vorschulkindern*. Jahrestagung der Gesellschaft für Empirische Bildungsforschung. Basel, 2018.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2016): *Bildungsplan der Grundschule*. Sachunterricht.
- Schwichow, M., Christoph, S., Boone, W. J., & Härtig, H. (2016a). The impact of sub-skills and item content on students' skills with regard to the control-of-variables strategy. *International Journal of Science Education*, 38(2):216–237.
- Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T., & Härtig, H. (2016b). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review*, 39:37–63.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2015): *Empfehlungen zur Arbeit in der Grundschule*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 02.07.1970 i. d. F. vom 11.06.2015.
- Siler, S. A. & Klahr, D. (2012). Detecting, Classifying, and Remediating: Children's Explicit and Implicit Misconceptions about Experimental Design. In Proctor, R. W. & Capaldi, E. (Hrsg.), *Psychology of Science*, S. 137–180. Oxford University Press.
- Viefers, R., Theyßen, H., & Schreiber, N. (2018). Experimentelle Fähigkeiten in der Grundschule diagnostizieren und individuell fördern. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Zimmerman, C. & Croker, S. (2013). Learning science through inquiry. In Feist, G. & Gorman, M. (Hrsg.), *Handbook of the psychology of science*, S. 49–70. Springer, New York, NY.