

## Fortentwicklung eines Testinstruments zur Variablenkontrollstrategie

### Motivation

Unter verschiedenen experimentellen Kompetenzen nimmt die Variablenkontrollstrategie (VKS) einen besonderen Stellenwert ein. In der Analyse von Studiendaten<sup>1</sup> mit einem Testinstrument der VKS sind Potentiale zur Weiterentwicklung des CVSI (Control-of-Variables Strategy Inventory) von Schwichow et al. (2016) festgestellt worden. Schwerpunkt der Auswertung war vor allem die Untersuchung der Distraktoren, um ein tieferes Verständnis der VKS zu erhalten (vgl. Winkens et al., eingereicht). In diesem Beitrag soll ein Ansatz zur Genese eines veränderten Item-Designs dargelegt und begründet werden, dessen Ziel die Erweiterung und Verbesserung der Diagnosemöglichkeiten hinsichtlich der VKS ist.

### Theoretischer Hintergrund

Basis für ein grundlegendes Verständnis der VKS und damit auch essentiell für die Weiterentwicklung des Testinstruments sind die vier Teilfähigkeiten, in die die VKS in der Literatur unterteilt wird. Neben den Fähigkeiten zur gezielten Identifikation kontrollierter Experimente aus einer Auswahl an kontrollierten und konfundierten Experimenten (ID) und zur Interpretation der Befunde konfundierter Experimente (IN) zählen dazu auch die Fähigkeiten zur Planung kontrollierter Experimente (PL) sowie zum Verständnis der fehlenden Aussagekraft konfundierter Experimente (UN) (vgl. Schwichow & Nehring, 2018, S. 219; vgl. Schwichow et al., 2016, S. 217). Die entwickelten Test-Items des CVSI zielen dabei auf jeweils eine der vier genannten Teilfähigkeiten ab.

Für eine konzeptionelle Analyse der Kompetenzen zur VKS sollte bei der Auswertung der Test-Items zusätzlich auch die Gestaltung der Distraktoren und ihre Attraktivität untersucht werden, um Verständnisschwierigkeiten und den Kompetenzaufbau zur VKS nachvollziehen zu können. Hierzu kann ein Kompetenzstufenmodell nach Hammann (vgl. Abb. 1) auf Basis des SDDS-Modells (vgl. Klahr und Dunbar, 1988) herangezogen werden. Die Kompetenz der VKS kann in diesem Modell insbesondere bei der Suche im Experimentier-Suchraum verankert werden (vgl. Hammann, 2004, S. 200–201).

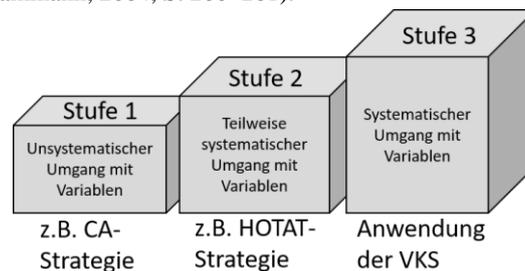


Abb. 1: Vereinfachte Darstellung des Kompetenzstufenmodells zur Suche im Experimentier-Suchraum. Eigene Darstellung nach Hammann, 2004, S. 201–202, Abb. sind im Text erklärt.

<sup>1</sup> Die Daten der Analyse entstammen einer Studie von Goertz (2022).

Hamman beschreibt u.a. in seinem Modell, dass unterschiedliche Strategien in Abhängigkeit vom zugrunde liegenden Kompetenzniveau einer Person genutzt werden und dabei unterschiedliche Grade der Systematik aufweisen (vgl. ebd., S. 197–202 und Abb. 1). Über die dritte Stufe hinaus formuliert Hamman noch eine vierte Stufe, die sich auf den Aspekt des systematischen Umgangs mit Variablen in unbekanntem Domänen bezieht (vgl. Hamman, 2004, S. 201–202). Einen Forschungsansatz bietet hier die Überprüfung von Erkenntnissen, dass unterschiedliche Kontexte keinen Einfluss auf die Schwierigkeit von VKS-Test-Items haben sollten (vgl. Schwichow et al., 2016, S. 14).

### Design der Test-Items

In der Studie von Goertz (2022) wurden zu allen vier VKS-Teilfähigkeiten Items aus verschiedenen Inhaltsfeldern eingesetzt, davon je drei des Typs ID, IN und UN sowie zwei des Typs PL. Die Diskussion über das Aufgabendesign soll beispielhaft für den Item-Typ ID (zur Teilfähigkeit Identifizieren kontrollierter Experimente) dargestellt werden. In Tab. 1 ist in der Spalte Antwortmöglichkeiten das bisherige Item-Schema dargestellt. In jedem Item werden vier Experimente (A-D) vorgelegt, die jeweils aus zwei Experimentalansätzen bestehen. Jede von drei Variablen kann dabei zwei unterschiedliche Ausprägungen (in der Spalte Antwortmöglichkeiten der Tab. 1 blau bzw. orange gekennzeichnet) annehmen. Bei allen Items des Typs ID stellt Antwort B als variablenkontrolliertes Experiment die richtige Lösung dar.

Tab. 1: Design der drei Items vom Typ ID. Die blaue bzw. orange Färbung in der Spalte Antwortmöglichkeiten steht für jeweils eine von zwei möglichen Variablenausprägungen. Unter VKS-Design ist die jeweilige Veränderung zwischen zwei im Test-Item dargestellten Aufbauten abstrahiert. Die Variablen können entweder konstant bleiben (C) oder variiert werden (V), wobei der Index „T“ angibt, dass diese Variable die Testvariable ist. In der Spalte VKS-Design sind gleiche Item-Designs in gleicher Weise farblich hinterlegt (s. Text).

Item	VKS-Design		Antwortmöglichkeiten		Legende
Item 1	A) CV <sub>T</sub> V	B) CV <sub>T</sub> C	A)	B)	: Eiswürfelmenge : Wassermenge : Temperatur
	C) VC <sub>T</sub> V	D) VV <sub>T</sub> V	C)	D)	
Item 2	A) VV <sub>T</sub> V	B) CV <sub>T</sub> C	A)	B)	: Batteriegröße : Leitermaterial : Lampengröße
	C) CC <sub>T</sub> C	D) VC <sub>T</sub> V	C)	D)	
Item 3	A) VV <sub>T</sub> V	B) CV <sub>T</sub> C	A)	B)	: Batteriegröße : Raumtemperatur : Lampengröße
	C) CC <sub>T</sub> V	D) CV <sub>T</sub> V	C)	D)	

In der Spalte VKS-Design sind die den Distraktoren zugrunde liegenden Strategien herausgearbeitet. Die farbliche Codierung zeigt für die unterschiedlichen Items, dass sich jeweils unterschiedliche Strategie-Kombinationen in den Items identifizieren lassen. Während die richtige Anwendung der VKS grün codiert ist, sind noch fünf weitere, falsche Strategien möglich:

- Rot: Change all-Strategie (CA); alle Variablen werden verändert (vgl. Tschirgi, 1980, S. 3).
- Blau: hold one thing at time-Strategie (HOTAT); alle Variablen außer die Testvariable werden verändert (vgl. Tschirgi, 1980, S. 2).

- Gelb: Testvariable + eine weitere Variable werden verändert.
- Grau: Testvariable + eine weitere Variable bleiben konstant; die andere wird verändert.
- Weiß: Alle Variablen werden konstant gehalten.

Durch die Farbcodierung der verschiedenen VKS-Strategien in den Antwortoptionen in Tab. 1 wird sofort deutlich, dass in allen drei Test-Items verschiedene Kombinationen von Fehlvorstellungen bei der Konstruktion der Testaufgaben zum Tragen kommen – zusätzlich zu den drei variierenden Kontexten. Dass diese Fehlvorstellungen auch noch verschiedenen Kompetenzstufen zugeordnet werden können und dabei - je nach Item – in verschiedenen Kombinationen angeboten werden, erschwert eine verlässliche Diagnostik der erreichten Kompetenzniveaus und ihrer möglichen Entwicklung zusätzlich. Zudem kann neben der Wahl der Kombinationen in den Lösungsoptionen auch die Häufigkeit, mit der sich einzelne VKS-Strategien in den Antwortoptionen wiederfinden, die Auswahl durch Probanden beeinflussen. Die genannten Aspekte erschweren die verlässliche Diagnose des Lernstands der SuS bezüglich der VKS, die für eine (individuelle) Förderung der VKS jedoch wesentlich ist.

Eine Änderung des Item-Designs, wie in Abb. 2 dargestellt, auf sechs anstatt nur vier Antwortoptionen ermöglicht alle potenziellen Strategien in diesem Setting (drei Variablen in zweifach möglicher Ausprägung) gleichberechtigt zu erfassen.

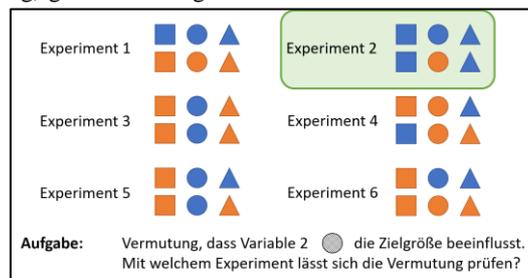


Abb. 2: Schema des neuen Items-Designs zur Diagnose der VKS- Teilfähigkeit Identifizieren kontrollierter Experimente (Typ ID). Die richtige Antwort ist grün markiert.

Dies bietet im Hinblick auf das Verständnis und die Förderung der VKS drei Perspektiven. Erstens können bei Probanden typische fehlerhafte Verhaltensmuster identifiziert werden, was perspektivisch ein gezieltes Feedback und damit eine effektivere Förderung ermöglicht. Zweitens bietet der neue Ansatz eine Grundlage, um Probanden auf Basis eines Kompetenzmodells je nach (Teil-)Systematik ihrer Antworten in einen Niveaubereich einzuordnen. Dadurch können auch fundiertere Aussagen in Prä-Post-Studien getroffen werden. Drittens ermöglicht das neue Item-Design Untersuchungen, inwiefern unterschiedliche (bekannte und unbekannte) Kontexte mit der Beherrschung der VKS zusammenhängen.

### Zusammenfassung und Ausblick

Zur Erweiterung und Verbesserung der Diagnosemöglichkeiten eines VKS-Testinstruments wurde das zugrundeliegende Item-Design exemplarisch für einen Item-Typ (ID: Identifikation kontrollierter Experimente) analysiert. Bei der Diskussion wurde insbesondere berücksichtigt, dass sich die Distraktoren der Test-Items hinsichtlich der Systematik und damit auch der Schwierigkeit differenzieren lassen. Es wird die Berücksichtigung aller potentiell zugrunde liegender Strategien in den Antwortmöglichkeiten vorgeschlagen, die das diagnostische Potential des Testinstruments deutlich erweitert.

**Literatur**

- Goertz, S. (2022). Module und Lernzirkel der Plattform FLeXKom zur Förderung experimenteller Kompetenzen in der Schulpraxis - Verlauf und Ergebnisse einer Design-Based Research Studie. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.
- Hammann, M. (2004). „Kompetenzentwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung- dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren“. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 57(4), S. 196–203.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). „Dual Space Search During Scientific Reasoning“. In: Cognitive Science 12, S. 1–48.
- Schwichow, M., Christoph, S., Boone, W.J. und Härtig, H. (2016). „The impact of sub-skills and item content on students' skills with regard to the control-of-variables strategy“. In: International Journal of Science Education 38(2), S. 216–237.
- Schwichow, M. & Nehring, A. (2018). „Variablenkontrolle beim Experimentieren in Biologie, Chemie und Physik: Höhere Kompetenzausprägungen bei der Anwendung der Variablenkontrollstrategie durch höheres Fachwissen? Empirische Belege aus zwei Studien“. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 24, S. 217–233.
- Tschirgi, J. E. (1980). „Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses“. In: Child Development 51(1), S. 1–10.
- Winkens, T., Goertz, S., & Heinke, H. (2022, eingereicht). Analyse des Kompetenzaufbaus zur Variablenkontrollstrategie mithilfe von Sankey-Diagrammen. PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Heidelberg.