

Hands-On- versus Multiple-Choice-Tests zur Messung von Variablenkontrollstrategie

Experimente sind „gezielte Fragen an die Natur, auf die bei geeigneter experimenteller Anordnung eine eindeutige Antwort erhalten werden kann“ (Demtröder, 1995, S. 1). Aus diesem Grund sind sie Wesensmerkmal der Naturwissenschaften und Standard der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (Schulz & Wirtz, 2012). Die Vermittlung experimenteller Kompetenzen ist im Rahmen der naturwissenschaftlichen Bildung zentral (KMK, 2005). Als Teil experimenteller Kompetenzen ist die Variablenkontrollstrategie [VKS] aufgrund ihrer Verortung in allen Phasen des Experiments: der Planung, Durchführung und Auswertung bedeutsam. Die VKS setzt sich nach Chen & Klahr (1999) aus vier Teilkonstrukten zusammen (vgl. Abb 1).



Abb. 1. Differenzierte Betrachtung der Variablenkontrollstrategie (nach Chen und Klahr, 1999)

Die Vermittlung der VKS wurde in zahlreichen Interventionsstudien untersucht. Zwei Metaanalysen, welche die Befunde dieser Studien zusammenfassen, zeigen eine Effektabhängigkeit vom genutzten Testformat. Die Effektstärke fällt bei Studien mit Hands-On-Assessment größer aus als bei Studien, die Multiple-Choice-Tests nutzen. Ferner zeigt sich in Bezug auf die VKS-Teilkonstrukte eine Kopplung zwischen Testformat und gemessenem Teilkonstrukt. In MC-Tests wird nahezu ausschließlich das Teilkonstrukt *Identifizieren-(2)*, in Hands-On-Tests und Tests mit offenem Antwortformat überwiegend das Teilkonstrukt *Planen-(1)* erfasst. Die logischen Aspekte der VKS werden mehrheitlich nicht erfasst (Ross, 1988; Schwichow et al., 2014). Ziel dieser Studie ist es daher, einen VKS-Hands-On- und VKS-MC-Tests mit möglichst breiter und vergleichbarer Konstruktdeckung und mit identischen Aufgabenkontexten zu entwickeln. Entsprechend ergeben sich folgende Forschungsfrage und das in Abb. 2 dargestellte Studiendesign.

Testtag 1 (90 min)	VKS-Hands-On-Test	20.05.2014	21.05.2014
		8a (7:45 – 9:15 Uhr) 8b (9:50 – 11:20 Uhr)	8c (7:45 – 9:15 Uhr) 8d (11:00 – 12:30 Uhr)
Testtag 2 (90 min)	KF-Test VKS-MC-Test Fachwissenstest	22.05.2014	
		8a + 8b (7:45 – 9:15 Uhr) 8c + 8d (9:50 – 11:20 Uhr)	

Abb. 2. Studiendesign

Forschungsfragen

Inwieweit gelingt es, mit einem VKS-MC- und einem VKS-Hands-On-Test die Aspekte und Teilkompetenzen der VKS differenziert abzubilden und von konstrukt fremden Fähigkeiten abzugrenzen?

Methoden

VKS-Hands-On-Test

Im Rahmen des VKS-Hands-On-Tests arbeiten die Probanden mit insgesamt vier Experimentierboxen zu den Themen Wärmestrahlung, elektrische Leitfähigkeit, Schmelzen von Eis und Elektromagnetismus. In den Boxen befinden sich mehr Materialien, als für ein kontrolliertes Experiment erforderlich sind. Die Probanden müssen selbstständig die Variablenausprägungen festlegen. Mit jeder Box sind zwei gegebene Hypothesen experimentell zu überprüfen. Dazu müssen die Probanden ein entsprechendes Experiment planen und mit den vorhandenen Materialien aufbauen. Der fertige Aufbau wird auf einem Foto festgehalten, welches anschließend zur Beurteilung der Leistung im Teilkonstrukt Planung-(1) herangezogen wird. Im weiteren Verlauf der Arbeit an der Experimentierbox notieren die Probanden ihre experimentellen Beobachtungen und stufen die gegebene Hypothese als richtig bzw. falsch ein. Ist ein Zusammenhang zwischen Beobachtung und Einstufung der Hypothese gegeben, so erhält der Proband einen Punkt im Teilkonstrukt Interpretieren-(3). Zuletzt werden die Probanden im Experimentierheft dazu aufgefordert, zu beschreiben, warum sie ganz sicher sein können, etwas über den vermuteten Zusammenhang herausgefunden zu haben. Wird im Rahmen der Beantwortung direkt oder indirekt auf die Notwendigkeit der Variablenkontrolle hingewiesen, so erhält der Proband einen Punkt im Teilkonstrukt inhärentes Verständnis-(4).

VKS-MC-Test

Der VKS-MC-Test besteht aus 12 Items zum Teilkonstrukt Identifizieren-(2) und jeweils 6 Items zu den Teilkonstrukten Interpretieren-(3) und inhärentes Verständnis-(4) mit je vier Antwortoptionen. Die Items haben dieselben Inhalte wie der VKS-Hands-on-Test. Als Kontrollvariablen wurden das Fachwissen (Selbstentwicklung) und die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten nach Heller und Perleth (2000) erhoben.

Ergebnisse und Diskussion:

Die Datenerhebung fand in der achten Jahrgangsstufe einer Gemeinschaftsschule statt (N=91). Die internen Konsistenzen der genutzten Testinstrumente fallen wie folgt aus: VKS-Hands-On-Test ($\alpha = 0.7$), VKS-MC-Test ($\alpha = 0.75$), Fachwissenstest ($\alpha = 0.42$), KFT ($\alpha = 0.89$). Eine Teilstichprobe von 20 % der offenen Items wurden durch zwei Rater bewertet ($\kappa \geq 0.72$).

Abgrenzbarkeit von konstrukt fremden Fähigkeiten

Um eine Aussage zur Abgrenzbarkeit treffen zu können, wurden die Korrelationen der Gesamtscores zwischen allen eingesetzten Tests berechnet. Alle Korrelationen zeigen sich bei einem Signifikanzniveau von $p < 0.05$ signifikant. Der Zusammenhang zwischen beiden VKS-Tests fällt am größten ($r = 0.54$) aus. Die Korrelationen mit dem *Fachwissensscore* zeigen sich moderat ($r \leq 0.43$), mit den *kognitiven Fähigkeiten* gering ($r \leq 0.29$). Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass durch die VKS-Tests ein gleiches, von kognitiven Fähigkeiten und dem Fachwissen abgrenzbares Konstrukt erfasst wird.

Konstrukt immanente Betrachtungen

Um zu prüfen, ob sich durch die VKS-Test gleiche Teilkonstrukte der VKS abgrenzbar erfassen lassen, wurde eine Multitrait-Multimethod-Analyse durchgeführt (s. Abb. 3). Die Monotrait-Heteromethod-Korrelationen (gelb) fallen im Gegensatz zu den zugehörigen

Heterotrait-Korrelationen (grün) moderat und signifikant aus. Dies ist ein Indiz dafür, dass durch beide Tests die gleichen Teilkonstrukte 3 und 4 voneinander abgrenzbar erfasst werden.

		VKS-Hands-On-Test				VKS-MC-Test			
		1	2	3	4	1	2	3	4
VKS-Hands-On-Test	1	1							
	2								
	3	0.59*		1					
	4	0.14		0.11	1				
VKS-MC-Test	1		0.47*						
	2			0.48*	0.22*		1		
	3		0.29*		0.30*	0.06	0.38*	1	
	4		0.21*		0.18	0.43*	0.46*	0.17	1

Abb. 3. MTMM-Matrix

Der Zusammenhang zwischen den Teilkonstrukten 1 und 2 zeigt sich hoch ($r = 0.47$). Eine Ursache der hohen Korrelation könnte eine gerichtete Abhängigkeit sein. Probanden, die ein Experiment korrekt planen können, sind anscheinend in der Lage, ein solches auch zu identifizieren.

Ausblick

Der VKS-MC-Test wurde bisher im Rahmen einer Pilotierung und der vorgestellten Studie in der 7., 8. und 9. Jahrgangsstufen eingesetzt. Die Daten weisen auf eine in den Teilkonstrukten differenzierte Fähigkeitszunahme hin. Zwecks weiterer Untersuchung der Lernentwicklung wird der VKS-MC-Test als Online-Test adaptiert und um Items zur Messung des Teilkonstrukts Planung-(1) erweitert. Der VKS-Online-Test soll nach Fertigstellung in den Jahrgangsstufen 5 bis 10 eingesetzt werden.

Literatur

- Chen, Z.; Klahr, D. (1999): All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. In: Child Development 70 (5), S. 1098-1120.
- Demtröder, W. (1995): Experimentalphysik. Berlin [u.a.]: Springer (Springer-Lehrbuch).
- Heller, K. A.; Perleth, C. (2000): Kognitiver Fähigkeitstest - Manual. für 4. bis 12. Klassen, Revision. Göttingen.
- KMK (2005): Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12. 2004. München: Wolters Kluwer Deutschland
- Schulz, A.; Wirtz, M. (2012): Analyse kausaler Zusammenhänge als Ziel des Experimentierens. In: Werner Rieß, Markus Wirtz, Bärbel Barzel und Andreas Schulz (Hg.): Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten. Münster, New York, NY, München, Berlin: Waxmann, S. 39-56.
- Schwichow, M.; Croker, S.; Zimmerman, C.; Höffler, T. N.; Härtig, H. (2014): Teaching the Control-of-Variables Strategy: A Meta Analysis: Zur Veröffentlichung eingereicht.