

## **Variablensalat im Experiment: Ansätze zur Förderung der Variablenkontrolle**

### **Motivation**

Das Beherrschen der Variablenkontrollstrategie (VKS) stellt eine wichtige experimentelle Kompetenz im Bereich der prozessbezogenen Kompetenzen dar. Sie ist daher ein zentraler Baustein der naturwissenschaftlichen Grundbildung (vgl. Theyßen et al., 2016, S. 27). Zur Förderung der Fähigkeit der gezielten Kontrolle von Variablen bei der Planung und Durchführung von Experimenten wurden unter den Rahmenbedingungen der Plattform FLexKom<sup>1</sup> (**F**ördern und **L**ernen **e**xperimenteller **K**ompetenzen; vgl. Goertz et al., 2019) drei Lernzirkelstationen entwickelt. Ihr Design basiert auf ersten schulischen Erfahrungen mit einer anderen Station zur Förderung der VKS und berücksichtigt insbesondere die dabei offenbaren Schwierigkeiten von SuS beim Erkennen konfundierter Experimente (vgl. Klein, 2018, S. 59). Alle drei entwickelten Stationen thematisieren deshalb dieselben, teils konfundierten Experimente, die den Schülerinnen und Schülern (SuS) aber in drei unterschiedlichen medialen Repräsentationen dargeboten werden. Dabei variiert einerseits die Form der Experimente, die entweder als reales Experiment von den SuS selbst durchgeführt werden oder in Form von Videos angeboten werden. Andererseits erfolgt die Anleitung der SuS entweder mit einem traditionellen Arbeitsblatt oder durch eine multimediale und interaktive Lernumgebung. Mithilfe einer qualitativen Untersuchung wurden erste Indizien gesucht, inwiefern digitale Medien gewinnbringend zur Förderung der VKS eingesetzt werden können.

### **Schülervorstellungen zur Variablenkontrollstrategie**

Die Verwendung der Variablenkontrollstrategie beim Experimentieren ist eine Methode, um kausale Zusammenhänge in der Wissenschaft zu untersuchen (vgl. Schwichow und Nehring, 2018, S. 219). Schulz et al. charakterisieren die Anwendung der VKS als eine aktive Manipulation einer potentiellen Einflussgröße durch den Experimentator mit der anschließenden Überprüfung eines möglichen Effekts (vgl. Schulz et al., 2012, S. 18). Diese Methodik bereitet SuS der Sekundarstufe I in vielerlei Hinsicht Probleme. So spricht Schwichow von einer „fehlerhaften Vorstellung bezüglich des Ziels von Experimenten“ (Schwichow, 2015, S. 5). Dabei wollen SuS in Experimenten einen Effekt erzeugen und keine Erkenntnisse im Rahmen einer Ursache-Wirkungs-Beziehung erlangen (vgl. Hammann et al., 2006, S. 292; vgl. Schwichow, 2015, S. 5). Einen möglichen Grund führt Ehmer darauf zurück, dass Experimente für SuS lediglich bekanntes Wissen nachbilden (vgl. Ehmer, 2008, S. 28). SuS haben zudem auch im experimentellen Prozess selbst Schwierigkeiten. So sagen SuS über ein Experiment, welches mehrere veränderte Variablen beinhaltet, dass sich mit diesem eine Aussage über den Einfluss der Variablen treffen lässt (vgl. Hammann et al., 2006, S. 292f.). Der Vergleich mit einem Kontrollansatz wird von SuS nicht als notwendig angesehen, um Rückschlüsse auf einen potentiellen Variableneinfluss ziehen zu können (vgl. Carey et al., 1989, S. 518; vgl. Ehmer, 2008, S. 26). Eine weitere Schülervorstellung bezieht sich auf einen unsystematischen Umgang mit Variablen. Dabei gelingt es SuS nicht, zwischen den zu kontrollierenden Variablen und der Testvariablen zu differenzieren (vgl. Hammann et al., 2006, S. 293; vgl. Ehmer, 2008, S. 26). Einen Grund dafür sieht Schwichow darin, dass die SuS „unterschiedliche Variab-

---

<sup>1</sup> Die Online-Plattform FLexKom ist zu erreichen unter: <https://www.sciphylab.de/flexkom>

lenausprägungen nicht wahrnehmen“ (Schwichow, 2015, S. 5). Bei experimentellen Situationen, in denen sich zwei Ansätze in mehr als nur einer unabhängigen Variablen unterscheiden, wird von einer Variablenkonfundierung gesprochen (vgl. Schulz et al., 2012, S. 23). Gerade im Bereich der Unterstufe planen viele SuS konfundierte Experimente. In der Summe dieser Punkte erweist sich die Variablenkontrollstrategie als komplexes und schwer zu verstehendes Konstrukt für SuS (vgl. Barzel et al., 2012, S. 114).

### Konzeption der Lernzirkelstationen

Inhaltliche Basis aller drei Stationen bildet die Messung von Widerständen verschiedener Konstantan-Drähte, bei denen die unabhängigen Variablen Drahtlänge und Drahtdurchmesser variiert werden. Allgemeine Idee hinter der Entwicklung ist, die SuS Übungsexperimente durchführen zu lassen, in denen durch Gegenüberstellung von kontrollierten Teilversuchen (Experiment 1 und 3) mit einem konfundierten Teilversuch (Experiment 2) widersprüchliche Schlussfolgerungen entstehen, wenn die Variablenkonfundierung in Experiment 2 nicht erkannt wird (siehe Tab. 1). Konkret bewerten die SuS im Anschluss an das Experiment 1 eine Aussage über den Einfluss der Drahtlänge, während sie nach den Experimenten 2 und 3 identische Aussagen zur Abhängigkeit des Widerstands vom Drahtdurchmesser beurteilen. Die Drähte sind so gewählt, dass die SuS verleitet werden, in den Experimenten 2 und 3 widersprüchliche Aussagen zu tätigen.

Tab. 1: Übersicht über die Experimente in allen Stationen und das Design der Stationen

	Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3
konstante Variablen	Durchmesser	-	Länge
veränderte Variablen	Länge	Durchmesser, Länge	Durchmesser
	Hands-On-Station	Mix-Station	Video-Station
Experimente	reale Aufbauten	reale Aufbauten	Videos
Anleitung	gedruckt, nicht interaktiv	multimedial, interaktiv	multimedial, interaktiv

Die Tab. 1 zeigt im unteren Teil einen Überblick über die Ausgestaltung der Lernzirkelstation in ihren drei Varianten. Bei der Hands-On-Station führen die SuS alle Teilerperimente an realen Versuchsaufbauten durch und werden dabei durch ein klassisches Arbeitsblatt angeleitet. Für die beiden anderen Stationen sind mit dem Programm „QuizMaker“ der Firma iSpring multimediale Anleitungen mit interaktiven Elementen erstellt worden. So lassen sich Fragen und Antwortmöglichkeiten zur Anleitung hinzufügen sowie Verzweigungen zu verschiedenen Pfaden bei der Bearbeitung der Anleitung in Abhängigkeit vom Antwortverhalten herstellen. Damit ist es möglich, den SuS ein direktes Feedback zu ihren experimentellen Beobachtungen und den Schlussfolgerungen hierzu zu geben. Während bei der Video-Station die Teilerperimente auf Video aufgezeichnet wurden und von den SuS bei der Bearbeitung der Station (beliebig oft) angeschaut werden können, führen die SuS bei der Mix-Station die Experimente an realen Versuchsaufbauten selbst durch, werden aber in der beschriebenen interaktiven Weise angeleitet. Zwischenlösungen zu den einzelnen Experimenten und ihrer Interpretation wurden in allen drei Stationen durch die SuS in vergleichbarer Weise handschriftlich festgehalten.

### Untersuchung der Lernzirkelstationen zur Variablenkontrollstrategie

#### Rahmenbedingung der Untersuchung

Um diese Stationen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit im Unterrichtseinsatz beurteilen zu können, wurde im Rahmen einer kleinen Stichprobe eine erste Untersuchung mit 22 SuS vom Gymnasium aus den Jahrgangsstufen acht und neun durchgeführt. Die Untersuchung, deren Aussagekraft damit naturgemäß begrenzt ist, zielt darauf ab, erste Indizien für ein geeignetes Setting zur Förderung der VKS zu finden.

Die Untersuchung umfasste zunächst einen Test zur Variablenkontrolle mit acht ausgewählten Testitems aus einem erprobten Test zur VKS (vgl. Schwichow, 2015, S. 153–176). Anschließend haben die SuS in Gruppen von je zwei oder drei SuS die unterschiedlichen VKS-Stationen bearbeitet, wobei die schriftlichen Ergebnisse der Experimente und ihrer Interpretation ebenso wie die Gespräche der SuS bei der Bearbeitung der Stationen durch Smartpens erfasst wurden. Im Anschluss daran wurden mit den Teilnehmern der einzelnen Stationen Stimulated Recall Interviews geführt, in denen die SuS mit ihren zuvor bearbeiteten Aufgaben sowie ihrem Vorgehen konfrontiert wurden und diese erklären sollten (vgl. Messmer, 2014, S. 3f.).

#### *Erste Erkenntnisse der Untersuchung*

Sowohl bei den Antworten auf den Arbeitsblättern der SuS als auch in den Interviews ist die Fokussierung der SuS auf die inhaltliche Komponente mehrfach aufgefallen. Lediglich eine Gruppe (der Video-Station) paraphrasierte auf die Frage des Lernziels der Station die Methode der VKS.

Die Reaktion auf das konfundierte Experiment bestätigte, dass SuS Probleme haben solche Experimente zu erkennen. Nur eine Gruppe (der Video-Station) stellte fest, dass das konfundierte Experiment keine Aussage über den Einfluss der unabhängigen Variablen zulässt. Eine Gruppe der Hands-On-Station korrigierte im Zuge des Interviews ihre Antwort aus der Bearbeitungsphase und stellte ebenfalls die fehlende Aussagekraft fest. Von allen anderen Gruppen wurde die Aussage getroffen, dass sich mit dem konfundierten Experiment 2 (siehe Tab. 1) eine Aussage über den Einfluss einer Variablen treffen lässt. Eine Schwierigkeit, die insbesondere bei den Gruppen der Hands-On-Station beobachtet wurde, betrifft das Erkennen von widersprüchlichen Aussagen, die zu den Experimenten 2 und 3 von den SuS getroffen wurden. In den multimedialen, interaktiven Anleitungen werden die SuS auf jeden Fall auf einen auftretenden Widerspruch aufmerksam gemacht. Dies deutet an, dass interaktive Anleitungen einen wesentlichen Vorteil bei der Vermittlung der VKS besitzen könnten. Grundsätzlich wurde allerdings beobachtet, dass fast alle SuS Probleme hatten, die Erkenntnisse aus der Station auf inhaltlich andere Aufgaben ähnlichen Typs zu transferieren.

Einen weiteren Aspekt stellt die Akzeptanz der Stationen bei den SuS dar. Gruppen der Video-Station haben bemängelt, dass die Schüleraktivierung ausbleibt, da dort nicht selber experimentiert wurde. Hingegen bereitete das Experimentieren den SuS der Hands-On-Station viel Freude. Die Gruppen der Mix-Station hoben zusätzlich die Feedback-Funktion der multimedialen Anleitung explizit hervor. Insgesamt deuten die Interviews darauf hin, dass die Problematik konfundierter Experimente zumindest einigen SuS der Mix-Station bewusst wurde. Dies konnte bei den anderen Stationen nicht so explizit festgestellt werden.

#### **Zusammenfassung und Ausblick**

Zur Vermittlung der VKS wurden Lernzirkelstationen entwickelt, die zwei kontrollierte Experimente mit einem konfundierten Experiment kombinieren und dabei in drei verschiedenen medialen Varianten erstellt wurden. Bei der Interpretation der Ergebnisse eines ersten Einsatzes der Stationen ist die geringe Probandenzahl und die damit einhergehende limitierte Aussagekraft der Untersuchung zu beachten. Eine eindeutige, klare Aussage zugunsten einer der Stationen lässt sich daher noch nicht treffen, jedoch zeichnen sich bereits Vorteile interaktiver Anleitungen ab. Unter Berücksichtigung des Feedbacks der SuS scheint die Station am beliebtesten zu sein, welche die positiven Aspekte der eigenen Durchführung realer Experimente mit denen einer multimedialen, interaktiven Anleitung verbindet. Um eine eindeutige Aussage über unterschiedliche (Lern-)Effekte der verschiedenen Ausgestaltungen der Lernsettings treffen zu können, bietet es sich an, auf der vorgestellten Untersuchung aufzubauen. So kann mit einer größeren Stichprobe und unter Nutzung eines Interratingverfahrens ebenso wie durch ein Pre-Post-Studiendesign die Validität der Untersuchung erhöht werden.

### Literatur

- Barzel, B., B. Reinhoffer und M. Schrenk (2012). „Das Experimentieren im Unterricht“. In: Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht - Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten. Hrsg. von W. Rieß, M. A. Wirtz, B. Barzel und A. Schulz. Münster: Waxmann Verlag, S. 103–127.
- Carey, S., R. Evans, M. Honda, E. Jay und C. Unger (1989). „An experiment is when you try it and see if it works’: A study of grade 7 students understanding of the construction of scientific knowledge“. In: International Journal of Science Education 11 (special issue), S. 514–529.
- Ehmer, M. (2008). Förderung von kognitiven Fähigkeiten beim Experimentieren im Biologieunterricht der 6. Klasse: Eine Untersuchung zur Wirksamkeit von methodischem, epistemologischem und negativem Wissen. Dissertation. Christian-Albrecht-Universität zu Kiel.  
[https://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation\\_derivate\\_00002469/diss\\_ehmer.pdf](https://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00002469/diss_ehmer.pdf).  
 Abgerufen: 20.08.2019.
- Goertz, S., Klein, P., Riese, J. & Heinke, H. (2019). Die Plattform „FLexKom“ zur Förderung experimenteller Kompetenzen – Konzept und Einsatzbeispiele. In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2019, Aachen.
- Hammann, M., T. T. H. Phan, M. Ehmer und H. Bayrhuber (2006). „Fehlerfrei Experimentieren.“ In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU) 59.5, S. 292–299.
- Klein, P. (2018). „Entwicklung eines Lernzirkels zur Förderung experimenteller Kompetenzen in der Sekundarstufe I - Eine erste Anwendung der neu konzipierten Plattform FLexKom“. Unveröffentlichte Masterarbeit. Aachen: I. Physikalisches Institut A der RWTH Aachen University.
- Messmer, R. (2014). Stimulated Recall as a Focused Approach to Action and Thought. Processes of Teachers. [www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/2051](http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/2051). Abgerufen: 21.08.2019.
- Schulz, A., M. Wirtz und E. Starauschek (2012). „Das Experiment in den Naturwissenschaften“. In: Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht - Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten. Hrsg. von W. Rieß, M. A. Wirtz, B. Barzel und A. Schulz. Münster: Waxmann Verlag, S. 7–13.
- Schwichow, M. G. (2015). Förderung der Variablen-Kontroll-Strategie im Physikunterricht. Dissertation. Christian-Albrecht-Universität zu Kiel.  
<http://www.scientific-reasoning.com>. Abgerufen: 04.04.2019.
- Schwichow, M. und A. Nehring (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.
- Theyßen, H., Schecker, H., Neumann, K., Eickhorst, B. & Dickmann, M. et al. (2016). „Messung experimenteller Kompetenz - ein computergestützter Experimentiertest“. In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (PhyDiD) 15.1, S. 26-48