

Einfluss der Lerngelegenheit auf den Erwerb experimenteller Kompetenz

Experimente dienen vor allem der empirischen Überprüfung kausaler Zusammenhänge. Um möglichst eindeutige Aussagen über Ursache-Wirkungsbeziehungen zu erlangen, sollte in Experimenten nur eine potentiell unabhängige Variable verändert und sämtliche Kontrollvariablen konstant gehalten werden. Dieses grundlegende Prinzip der experimentellen Erkenntnisgewinnung wird als Variablenkontrollstrategie [VKS] bezeichnet. Es ist explizit bzw. implizit Gegenstand von Standards für den naturwissenschaftlichen Unterricht (KMK, 2005, National Research Council, 2012). Aufgrund der zentralen Bedeutung der VKS im Rahmen experimenteller Kompetenzen ist sie Gegenstand zahlreicher Interventionsstudien. Zur Identifizierung von Merkmalen einer effektiven Vermittlung der VKS wurden die Befunde von 72 Interventionsstudien in einer Meta-Analyse zusammengefasst. Es zeigt sich, dass Studien, in denen ein kognitiver Konflikt bei den Probanden induziert wird und Studien, die Demonstrationsexperimente nutzen, zu höheren Effektstärken führen, als Studien, die diese Merkmale nicht teilen. Ferner wird kein positiver Einfluss des Einsatzes von Schülerexperimenten auf das Erlernen der VKS gefunden (Schwichow, Härtig & Höffler, 2014). Dieser Befund steht im Widerspruch zu konstruktivistischen Lerntheorien, die einen positiven Einfluss von Schülerexperimenten aufgrund ihrer höheren Authentizität nahelegen (Tobin, 1990). Verglichen mit reinen Papier- und Bleistift Übungsaufgaben sollten daher Schülerexperimente lernförderlicher sein. Ziel dieser Interventionsstudie ist es herauszufinden, inwiefern Schülerexperimente und reine Papier und Bleistift Übungsaufgaben sich in ihrer Wirksamkeit beim Erlernen der VKS unterscheiden.

Methode

Die Studie wurde mit 161 Schülerinnen und Schülern der achten Jahrgangsstufe zweier Gemeinschaftsschulen in Schleswig-Holstein durchgeführt. Beide Schulen haben eine heterogene Schülerschaft. Die Durchführung der Studie erfolgte in zwei 90 und 135 minütigen Blöcken im Rahmen des Regelunterrichts. Im ersten Block wurden das Vorwissen der Probanden bezüglich der VKS und des relevanten Fachwissens (siehe Beitrag von Christoph et al. in diesem Band), sowie die Kontrollvariablen Leseverstehen und allgemeine kognitive Fähigkeiten erhoben. Im Anschluss erfolgte ein 20 minütiger Unterrichtseinstieg der von Lawson und Wollman (1976) übernommen wurde. Er hat zum Ziel, einen kognitiven Konflikt bezogen auf die Variablenkontrolle bei den Probanden zu induzieren. Dazu wurden ein Tischtennisball und eine Eisenkugel aus unterschiedlicher Höhe auf unterschiedliche Oberflächen fallen gelassen. Vor jeder Versuchsdurchführung wurde die Klasse gefragt, welcher Ball nach dem Aufprall höher springt. Das Experiment wurde mehrmals konfundiert durchgeführt, so dass jeweils die nicht prognostizierte Kugel höher zurücksprang. Anschließend erarbeitete die Klasse in einem Unterrichtsgespräch, dass es sich bei dem vorgeführten Experiment um einen „unfairen“ Test handelt und sammelte Verbesserungsvorschläge. Zuletzt wurde das Experiment korrekt durchgeführt und ein kurzer erklärender Text vorgelesen. Die Wirkung des Unterrichtseinstieges wurde zu Beginn des zweiten Blocks in einem Zwischentest mit dem schriftlichen VKS-Test überprüft.

Anschließend wurden die Probanden basierend auf den Vortestergebnissen im VKS-Test in zwei gleichstarke Treatmentgruppen aufgeteilt. Beide Gruppen sollten das Prinzip der Variablenkontrolle an Aufgaben zum Elektromagnetismus üben. Die Aufgaben waren soweit wie möglich identisch. Der zentrale Unterschied zwischen den beiden Treatments bestand darin,

dass die Experimentiergruppe mit gegebenen Materialien selbstständig Experimente plante, durchführte und auswertete, während die reine Papier- und Bleistift Übungsgruppe die Experimente nur theoretisch plante und Fotos eines passenden Experiments auswertete. Zur Überprüfung der Lernwirksamkeit beider Übungsbedingungen wurden in einem Nachtest erneut das Fachwissen, das VKS-Verständnis und zusätzlich die Fähigkeit reale Experimente zu planen erfasst. Der Experimentiertest bestand aus einer Aufgabe zum Elektromagnetismus (identisch der Übungsaufgaben) und einer Transferaufgabe zur Leitfähigkeit (siehe Beitrag von Christoph et al.).

Ergebnisse

Beide Übungsgruppen unterschieden sich vor der Intervention weder im Leseverständnis noch in den kognitiven Fähigkeiten, dem Fachwissen oder dem VKS-Verständnis. In Abbildung 1 sind die Ergebnisse des schriftlichen VKS-Tests und des VKS-Experimentiertests dargestellt. Sämtliche Gruppenunterschiede wurden unter Kontrolle des Fachwissens, der Lesefähigkeit und der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten berechnet.

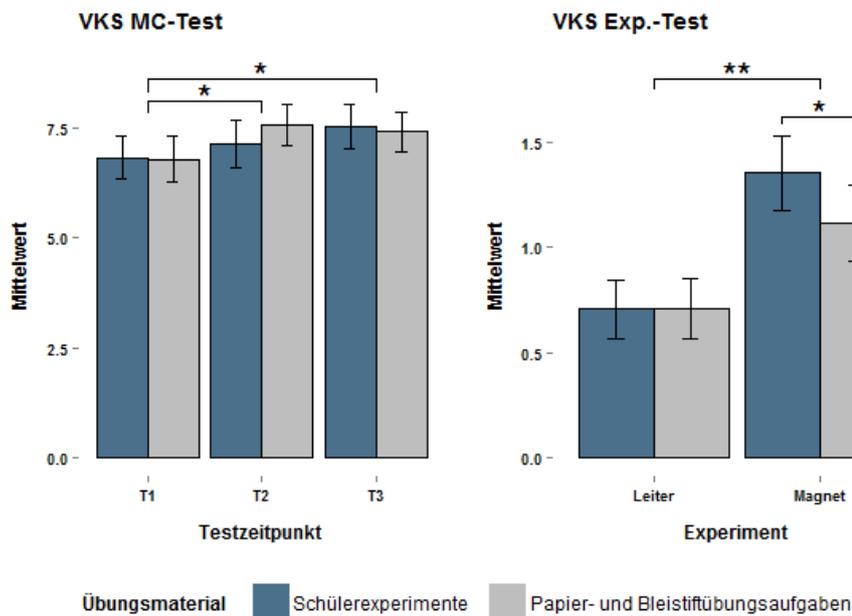


Abbildung 1 Ergebnisse des schriftlichen und experimentellen VKS-Tests. Vor-, Zwischen- und Nachtest sind mit T1, T2 und T3 gekennzeichnet.

Der schriftliche VKS-Test zeigt für beide Treatmentgruppen einen signifikanten Lernzuwachs zwischen dem Vor- und Zwischentest. Ein positiver Einfluss der Übungen oder eine differenzielle Wirkung der Übungsbedingungen ist nicht festzustellen. Ein signifikanter Unterschied zwischen der experimentellen Übungsgruppe ($mean = 1.29$) und der Papier- und Bleistiftübungsgruppe ($mean = 1.11$) ist auf den Übungskontext im VKS-Experimentiertest beschränkt. Beide Gruppen schneiden jedoch im VKS-Experimentiertest signifikant besser in der Elektromagnet- als in der Leiternaufgabe ab.

Diskussion

Im VKS- Multiple-Choice-Test ist der Lernzuwachs auf den Zwischentestzeitpunkt beschränkt. Dies legt nahe, dass beide Übungskontexte keinen Einfluss auf das mit dem Test erfasste Konstrukt haben. Einschränkend muss jedoch erwähnt werden, dass der Lernzuwachs zwischen dem Vor- und dem Zwischentest aufgrund des Fehlens einer Kontrollgruppe nicht von einem möglichen Retest-Effekt zu trennen ist. Eine differenzielle Wirkung der Übungsbedingungen ist hingegen im VKS- MC-Test nicht festzustellen. Differenzielle Effekte der beiden Übungsbedingungen sind auf das Elektromagnetexperiment beim VKS- Experimentiertest beschränkt. Dies deutet an, dass das Üben mit Realexperimenten im Vergleich zu reinen Papier-Bleistift Übungsaufgaben für den konkreten Übungskontext vorteilhaft sind, aber kein Transfer stattfindet. Dieser Befund kann möglicherweise auf eine differenzielle Interaktion von Fachtexten mit dem Medium Experiment und Fotografie erklärt werden. Die Interaktion mit dem Experiment ermöglicht den Schülerinnen und Schülern ein exploratives Vorgehen und die Beantwortung von individuellen Fragen, die sich aus dem Text ergeben. Diese Möglichkeit bietet das Medium Fotografie aufgrund der fehlenden Interaktionsmöglichkeit nicht.

Für die Unterrichtspraxis bedeutet dies, dass Schülerexperimente eine geeignete Ergänzung zu Fachtexten darstellen und daher Schülerinnen und Schülern beim Verständnis dieser Texte helfen können. Es ist jedoch zu beachten, dass die experimentellen Aufgabenstellungen einen engen Bezug zu den Materialien haben und so eine ergänzende Nutzung ermöglicht wird. Eine offene Frage ist, wie ein Transfer der erlernten Strategie angeregt werden könnte.

Literatur

- KMK. (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004. München: Wolters Kluwer
- Lawson, A. E. & Wollman, W. T. (1976). Encouraging the transition from concrete to formal cognitive functioning-an experiment. *J. Res. Sci. Teach.*, 13(5), 413–430
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, D.C: The National Academies.
- Schwichow, M., Härtig, H. & Höffler, T. N. (2014). Merkmale einer effektiven Vermittlung experimentellen Strategiewissens. In S. Bernholt (Ed.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht*. (pp. 195–197). Kiel: IPN.
- Tobin, K. (1990). Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, 90(5), 403–418