

Wirksamkeit von Lernzirkeln zur Förderung experimenteller Kompetenzen

Motivation

In den Bildungsstandards der KMK liegt seit einiger Zeit eine deutlichere Kompetenzorientierung vor (vgl. KMK, 2005). Damit sind auch experimentelle Kompetenzen stärker in den Fokus gerückt und in den Lehrplänen der deutschen Bundesländer fest verankert worden. Dies legitimiert eine Förderung experimenteller Kompetenzen ebenso wie die Tatsache, dass das Experimentieren eine zentrale Tätigkeit im Physikunterricht ist (vgl. Tesch, 2005, S. 95). Mit der Plattform FLexKom (Fördern und Lernen **e**xperimenteller **K**ompetenzen) wurde an der RWTH Aachen University eine Plattform geschaffen, die modulare Unterrichtsmaterialien zur Förderung experimenteller Kompetenzen anbietet (vgl. Goertz et al., 2019 und Goertz et al., 2020). Die kostenfrei bereitgestellten Materialien können webbasiert abgerufen werden¹.

Module und Lernzirkel der Plattform FLexKom

Die Plattform und deren Materialien sind modular aufgebaut. Jedes Modul fokussiert eine spezielle experimentelle Teilkompetenz (z.B. Daten graphisch darstellen oder Variablenkontrollstrategie anwenden). Zur Förderung der Kompetenzen gehört zu jedem Modul ein Arbeitsblatt mit den Aufgaben für die Schülerinnen und Schüler (SuS) sowie eine Lehrerhandreichung, die die Modulidee und mögliche Lösungen beschreibt. Viele Module beinhalten zudem ein Experiment, das durch Hilfestellungen und ggf. Zwischenlösungen den Fokus auf die im Modul angesprochene Teilkompetenz legt. Damit wird der Experimentierprozess in Teilabschnitte zerlegt (vgl. Lunetta 1998), um gezielt detaillierte Fördermaßnahmen für experimentelle Teilkompetenzen anbieten zu können.

Neben dem Einzeleinsatz von Modulen können diese auch zu Lernzirkeln zusammengefasst werden (vgl. Goertz et al., 2019). Der Einsatz in der methodischen Umsetzung des Lernzirkels wurde im Rahmen einer empirischen Studie untersucht. Hierzu wurden zwei beispielhafte Lernzirkel evaluiert. Der erste Lernzirkel wurde so zusammengestellt, dass eine große Spannweite an experimentellen Kompetenzen gefördert wird. Die einzelnen Module bewegen sich dabei alle in einem einheitlichen Inhaltsfeld. Der sogenannte Typ-A Lernzirkel besteht aus Modulen, die den elektronischen Versuchsaufbau, das graphische Darstellen von Daten, das Anfertigen von Schaltskizzen und die Variablenkontrollstrategie thematisieren. Das gemeinsame Inhaltsfeld stellt die Elektrizitätslehre dar.

Mit einer gegensätzlichen Konzeptionsidee wurde der zweite Lernzirkel zusammengestellt. Der sog. Typ-B Lernzirkel besteht aus Modulen, die alle eine gemeinsame Kompetenz fördern (in der aktuellen Studie den Einsatz der Variablenkontrollstrategie = VKS), wobei dies in den verschiedenen Modulen (= Lernzirkelstationen) für unterschiedliche physikalische Inhaltsfelder umgesetzt wird.

Forschungsfragen (FF) und Hypothesen (H)

Durch die Evaluation der beiden beispielhaften Lernzirkel soll zunächst die Lernwirksamkeit der entwickelten Lehr-Lern-Settings untersucht werden, was in FF1 deutlich wird: *Inwiefern fördern die beiden ausgewählten Lernzirkel der Plattform FFlexKom experimentelle Kompetenzen unter schulpraxistauglichen Rahmenbedingungen?*

Nach den Erkenntnissen anderer Forschungsvorhaben zur Effektivität einer expliziten Förderung experimenteller Kompetenzen (vgl. Vorholzer, 2016 und Schwichow, 2015) sowie den positiven Ergebnissen aus der Pilotierungsphase (vgl. Goertz und Heinke 2021) ergeben sich

¹ Die Plattform kann über den Link www.sciphylab.de/flexkom erreicht werden.

die folgenden Hypothesen:

H1.1: Durch den Einsatz eines FLexKom-Lernzirkels kann man einen signifikanten Lernzuwachs in den einzelnen explizit geförderten Teilkompetenzen feststellen.

H1.2: In einem Lernzirkel nicht explizit geförderte Teilkompetenzen weisen keinen signifikanten Lernzuwachs auf.

Die zweite Forschungsfrage FF2 bezieht sich auf erwartete Unterschiede zwischen den beiden Lernzirkeln: *Inwiefern lassen sich Unterschiede im Lernzuwachs durch Lernzirkel beobachten, die entweder auf die Förderung mehrerer experimenteller Teilkompetenzen (Typ-A) oder speziell einer Teilkompetenz (Typ-B, hier „VKS anwenden“) ausgerichtet sind?*

Hierzu ergeben sich aus der Literatur die nachfolgenden Hypothesen:

H2.1: Beim Typ-B Lernzirkel ist ein signifikant größerer Lernzuwachs für die Schwerpunktkompetenz festzustellen als beim Typ-A Lernzirkel.

H2.2: Beim Typ-B Lernzirkel werden einzelne Teilfähigkeiten der VKS stärker gefördert als beim Typ-A Lernzirkel.

Aufbau der Intervention

Die Lernzirkel sind in Interventionen eingebettet, die neben dem Lernzirkel Einsatz auch eine Motivations- und Sicherungsphase enthalten (vgl. Abb. 1).

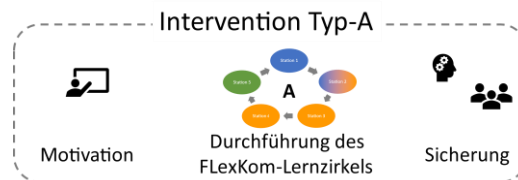


Abb.1: Aufbau der Intervention, bestehend aus einer Motivations-, der Lernzirkel-durchführung (hier Typ-A) und einer Sicherungsphase.

In der Motivationsphase werden die SuS für die Lernziele der Lernzirkel sensibilisiert. Dabei sollen insbesondere die methodischen Aspekte der einzelnen Module (d.h. Lernzirkelstationen) betont und damit der Fokus verdeutlicht werden. Die Durchführung der Lernzirkel variiert für verschiedene Probandengruppen. Ein Teil der teilnehmenden Klassen führt den Typ-A Lernzirkel, der restliche Teil den Typ-B Lernzirkel durch. In beiden Fällen werden die Inhalte der Stationen in der dritten Phase der Intervention besprochen und vertieft, wobei die Ausgestaltung der Sicherungsphase naturgemäß für die beiden Lernzirkel variiert.

Testinstrumente

Damit die Forschungsfragen beantwortet und somit die Hypothesen bewertet werden können, ergeben sich verschiedene Anforderungen an die Testinstrumente. Zunächst müssen Testinstrumente so ausgewählt werden, dass einzelne Teilaspekte experimenteller Kompetenzen gemessen werden können. Zudem muss ein Lernzuwachs erfasst werden, um die Wirkung der Interventionsphase bewerten zu können. Damit Unterschiede zwischen den Lernzirkeltypen herausgestellt werden können, muss eine vergleichende Analyse der Gruppen erfolgen.

Wegen der genannten Anforderungen sind zwei Testinstrumente zur Messung experimenteller Kompetenzen gewählt worden. Zunächst wurde mit dem MeK-LSA-Test (Messung experimenteller Kompetenz in Large Scale Assessments) ein validiertes Testinstrument gewählt, das die Teilkompetenzen Planung, Versuchsaufbau und Datendarstellung durch eine computergestützte Durchführung verschiedener Experimentsimulationen erfassen kann. Detailliertere Informationen zum MeK-LSA-Test sind in Theyßen et al., 2016 aufgeführt. Des Weiteren werden durch einen Fragebogen zur Variablenkontrollstrategie (VKS) verschiedene Teilaspekte

der VKS gemessen (vgl. Schwichow und Nehring, 2018, S. 222–223; vgl. Schwichow, Christoph, Boone et al., 2016, S. 223–224). Hierzu gehören neben dem Interpretieren, Identifizieren und dem Planen kontrollierter Experimente auch das Verständnis der fehlenden Aussagekraft konfundierter Experimente. Die beiden erstgenannten Fähigkeiten des Interpretierens und Identifizierens kontrollierter Experimente sind in verschiedenen Untersuchungen als „leichtere Aspekte“ der VKS herausgestellt worden (vgl. z.B. Schwichow, Christoph, Boone et al., 2016, S. 228ff.).

Zur Untersuchung eines Lernzuwachses und für den Vergleich der Lernzirkeltypen sind die Testinstrumente in einem Prä- und Post-Test-Design mit optionalem Follow-Up-Test eingesetzt worden. Die Tests und die Intervention fanden in insgesamt drei Doppelstunden statt. Der Follow-up-Test wurde in einigen Klassen in einer zusätzlichen Einzelstunde durchgeführt.

Stichprobe und Ergebnisse

Die Stichprobe der Hauptstudie umfasst 15 gymnasiale Schulklassen der 7., 8. und 9. Jahrgangsstufe aus der Region Aachen und Köln. Die SuS waren zwischen 12 und 14 Jahren alt (52% weiblich, 40% männlich, Rest divers oder ohne Angabe).

Die Gruppen wurden mittels Varianzanalysen verglichen (siehe auch Goertz und Heinke 2021), wobei mit Post-Hoc-Tests einzelne Gruppen paarweise gegenübergestellt wurden. Für den Typ-A Lernzirkel konnte insbesondere für die Skala „Aufbau [von Experimenten]“ ein Lernzuwachs mit großer Effektstärke festgestellt werden. Ein entsprechender Lernzuwachs ist für den Typ-B Lernzirkel erwartungskonform nicht nachgewiesen worden, da diese Teilkompetenz dort nicht explizit gefördert wurde. Für den Bereich Datendarstellung, der ebenso explizit im Typ-A Lernzirkel gefördert wurde, konnte ebenfalls eine stärkere Verbesserung vom Prä- zum Post-Zeitpunkt ausgemacht werden.

Hinsichtlich der VKS-Skalen zeigt sich für die beiden Lernzirkel-Typen eine Verbesserung bei den beiden oben als „leichter“ beschriebenen VKS-Aspekten. Nur die Gruppe, die den Typ-B Lernzirkel durchgeführt hatte, konnte sich zudem auch besonders bei den beiden „komplexeren“ Aspekten verbessern. Dies lässt sich mit dem Schwerpunkt des Typ-B Lernzirkels begründen, der den Ergebnissen zufolge zu einem signifikant größeren Verständnis der VKS bei den SuS führte.

Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Beitrag stellte die Konzeption und ausgewählte Ergebnisse einer Studie zur Förderung experimenteller Kompetenzen dar. Hinsichtlich der ersten Forschungsfragen konnte die Hypothese H1.1 mit den Ergebnissen bestätigt werden. Der Lernzuwachs ist im besonderen Maß nur für die Teilkompetenzen festgestellt worden, die im Rahmen der Lernzirkel² explizit gefördert wurden. Ein Vergleich zwischen den beiden Lernzirkeltypen zeigt, dass der Typ-B Lernzirkel die Aspekte der VKS insofern stärker fördert, als dass in der Literatur als komplexer eingeschätzte Aspekte nur durch den Typ-B Lernzirkel gefördert werden. Der Typ-A Lernzirkel, der nur in einer Station die VKS anspricht, führt zu einem geringeren Lernzuwachs bezüglich der VKS insgesamt und zu keiner signifikanten Verbesserung der SuS bei den komplexeren Aspekten. Damit konnten die Hypothesen 2.1 und 2.2 ebenfalls verifiziert werden. In der Studie wurden zudem Lernzuwächse bei SuS verschiedener Leistungsniveaus und die Beurteilung der Lehrenden zum Konzept der Plattform und der Materialien untersucht.

Danksagung

Die Autor:innen danken den Entwickler:innen des MeK-LSA-Tests, insbesondere Prof. Dr. Heike Theyßen, für die Unterstützung sowie Jun.-Prof. Martin Schwichow für die Bereitstellung der VKS-Items für das Fach Physik und die stete Diskussionsbereitschaft.

² Gemeint ist immer die gesamte Intervention.

Literatur

- 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.
- Goertz, S., Götz, B. D. und Heinke, H. (2020). Unterstützung für Lehrkräfte beim Umgang mit Messdaten im Physikunterricht. In: S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019. Universität Duisburg-Essen, S. 114–117.
- Goertz, S. und Heinke, H. (2021). Förderung experimenteller Kompetenzen durch FLexKom-Lernzirkel. In: S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, online Jahrestagung 2020. Universität Duisburg-Essen, S. 220–223.
- KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf. Abgerufen: 06.07.2020.
- Lunetta, V. N. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In: B. J. Fraser und K. G. Tobin (Hrsg.), International Handbook of Science Education – Part 1. Dordrecht: Kluwer, S. 249–262.
- Schwichow, M. G. (2015). Förderung der Variablen-Kontroll-Strategie im Physikunterricht. Dissertation. Christian-Albrecht-Universität zu Kiel.
- Schwichow, M., Christoph, S., Boone, W. J. et al. (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. und 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: ZfDN 24(1), S. 217–233.
- Tesch, M. (2005). Das Experiment im Physikunterricht – Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie. Berlin: Logos Verlag.
- Theyßen, H., Schecker, H., Neumann, K., Eickhorst, B. & Dickmann, M. et al. (2016). Messung experimenteller Kompetenz - ein computergestützter Experimentierertest. In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (PhyDiD) 15(1), S. 26–48.
- Vorholzer, A. (2016). Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? – Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes. Berlin: Logos Verlag.