

Ergebnisse einer Vergleichsstudie zur Nachbereitung von Experimenten

Das Experiment nimmt im naturwissenschaftlichen Unterricht eine übergeordnete Rolle ein. Vor allem die Einbettung des Experiments in den Unterrichtsverlauf zeigte sich in vergangenen Studien als bedeutsam für die Qualität von Unterricht (Tesch und Duit, 2004). Grundsätzlich werden drei Phasen des Experiments unterschieden: die Vorbereitung, die Durchführung und die Auswertung. Die meisten Studien finden sich dabei für die Durchführungsphase von Experimenten. Nur wenige Studien befassen sich explizit mit der Planungs- und Nachbereitungsphase. Winkelmann (2015) konnte allerdings zeigen, dass Schülerinnen und Schüler nach der Durchführung durch die Nachbereitung von Experimenten noch hinzulernen. Auch Walpuski und Hauck (2014) betonen, dass sich die Nachbereitung von Experimenten positiv auf die Unterrichtsqualität auswirkt. Daher sollte in der vorliegenden Vergleichsstudie erforscht werden, wie sich Auswertephasen mit unterschiedlichem Offenheitsgrad auf den Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler in den Kompetenzbereichen Fachwissen und Auswertekompetenz auswirken.

Neben dem Einfluss von Experimenten auf die Qualität von naturwissenschaftlichem Unterricht wird beispielsweise durch die Metastudie von Hattie (2013) die Bedeutung der Lehrperson für den Erfolg von Unterricht deutlich. Winkelmann (2015) konnte unter anderem zeigen, dass in experimentellem Unterricht nicht die Experimentiersituation selbst (in diesem Fall Schüler- oder Demonstrationsexperiment), sondern die Wechselwirkung zwischen unterrichtender Lehrkraft und Experimentiersituation bedeutsam ist. Daher wurden in der vorliegenden Studie die Überzeugungen der Lehrkräfte zum Unterrichtsfach und zur Wissenschaft Physik erhoben, um deren Einfluss auf den Lernerfolg zu überprüfen.

Theoretische Grundlagen

Überzeugungen von Lehrkräften

Um die Lehrkräfte als festen Faktor in die Analyse aufnehmen zu können, wurde für die vorliegende Studie auf eine Arbeit von Lamprecht (2011) zurückgegriffen, der mit einem Fragebogen drei Überzeugungstypen von Lehrkräften identifizieren konnte: das Trainingsmuster, das diskursive Muster und das Vermittlungsmuster. Neben einem unterschiedlichen Wissenschaftsverständnis unterscheiden sich die Überzeugungstypen durch ihre unterschiedlich konstruktivistische Sichtweise. Lehrkräfte im Trainingsmuster haben dabei eine eher transmissive, Lehrkräfte im diskursiven Muster eine eher konstruktivistische Sichtweise. Lehrkräfte im Vermittlungsmuster sind zwischen den beiden anderen Überzeugungstypen anzusiedeln: Sie sind zwar vom selbstständigen Lernen von Physik überzeugt, unterstützen aber gleichzeitig auch rezeptartiges Lernen.

Definition des Experimentierprozesses

In zahlreichen Studien lässt sich eine Gliederung des Experimentierprozesses in drei Phasen finden: die Vorbereitung oder Planung, die Durchführung und die Auswertung oder Nachbereitung. Als Beispiel soll an dieser Stelle das „Scientific Discovery as Dual Search“ (SDDS) Modell von Klahr und Dunbar (1988) angeführt werden. Diese sehen den Experimentierprozess als einen Problemlöseprozess, der in drei Schritten erfolgt: 1. Suche im Hypothesenraum, 2. Testen von Hypothesen/ Suche im Experimentierraum, 3. Analyse von Evidenzen. Mit diesem SDDS-Modell und vielen anderen gängigen Modellen konnten Vorholzer et al. (2016) drei zentrale Teilkompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens herleiten, die sich gut in den drei gängigen Phasen des Experiments identifizieren lassen.

Die Teilkompetenzen der Auswertephase wurden für das vorliegende Forschungsprojekt noch genauer ausgeschärft. Hierzu wurde die Literatur befragt (Quellen unter anderem: Asay & Orgill, 2010; Börlin, 2012; Chinn & Malhotra, 2002; Dolan & Grady, 2010; Glug, 2009; Klar & Dunbar, 1988; KMK, 2004; Mayer, 2007; Schreiber, 2012) sowie eine Expertenbefragung durchgeführt. Als Ergebnis lässt sich ein Modell präsentieren, das die Auswertung eines naturwissenschaftlichen Experiments in ebenfalls drei Phasen gliedert: 1. Messdaten aufbereiten und verarbeiten, 2. Formulierung und Interpretation von Ergebnissen, 3. Fehlerbetrachtung. Eine detaillierte Beschreibung des Modells ist derzeit in Vorbereitung.

Design der Studie

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde unter anderem zwei Forschungsfragen nachgegangen:

F1: Wie wirken sich experimentelle Auswertesituationen mit unterschiedlichem Offenheitsgrad auf die Entwicklung von Schülerinnen und Schülern in den Kompetenzbereichen Fachwissen und Auswertekompetenz aus?

F2: Welchen Einfluss haben Überzeugungen von Lehrkräften zum Unterrichtsfach und zur Wissenschaft Physik auf die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren in den Kompetenzbereichen Fachwissen und Auswertekompetenz?

Zur Beantwortung dieser Forschungsfragen wurde eine Vergleichsstudie entwickelt, in der der Wissens- und Kompetenzzuwachs durch angeleitetes und selbstständiges Auswerten von Demonstrationsexperimenten untersucht wurde. Es handelt sich um eine Interventionsstudie für das 7. bzw. 8. Schuljahr im Pre-/ Post-Design. Da die Tests und die Intervention im ursprünglichen Klassenverband von den üblichen Lehrkräften durchgeführt wurden, handelt es sich um einen quasi-experimentellen Plan. Zur Auswertung wurden t-Tests zur Überprüfung der Lernförderlichkeit des Unterrichts sowie Varianzanalysen zur Überprüfung möglicher Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen durchgeführt. Durch geeignete Messinstrumente wurde an drei Messzeitpunkten (Pre-/ Kurz- und Posttest) das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler, an zwei Messzeitpunkten (Pre- und Posttest) die Auswertekompetenz der Schülerinnen und Schüler sowie an einem Messzeitpunkt die Überzeugungen der Lehrkräfte zum Unterrichtsfach und zur Wissenschaft Physik erhoben. Der Messzeitpunkt „Kurztest“ fand zwischen der Durchführung und der Auswertung jedes Experiments statt. Aufsummiert ergeben alle Kurztests den Pre- bzw. Posttest. Durch sie soll der Einfluss der Auswertephase in Abgrenzung zur Planungs- und Durchführungsphase abgeschätzt werden. Die Studie erstreckt sich über fünf Doppelstunden mit insgesamt sechs Experimenten. Für die Variation der Auswertephase wurden drei Treatments entwickelt, die sich im Grad der Offenheit unterscheiden: 1. Auswertung „Plenum“(P), 2. Auswertung „Angeleitet“(A), 3. Auswertung „Selbstständig“(S).

Ergebnisse

Insgesamt nahmen 376 Schülerinnen und Schüler in 18 Klassen (Plenum: 6, Angeleitet: 6, Selbstständig: 6) mit 10 Lehrkräften (Trainingsmuster: 4, Diskursives Muster: 3, Vermittlungsmuster: 3) an der Studie teil.

Der t-Test zeigte, dass die Schülerinnen und Schüler im Fachwissen sowohl durch die Durchführung ($p < .001$, $\eta^2 = .2$) als auch durch die Auswertung ($p < .001$, $\eta^2 = .02$) signifikant hinzulernen konnten. Auch in der Auswertekompetenz konnte ein signifikanter Anstieg zwischen Pre- und Posttest ($p < .001$, $\eta^2 = .02$) festgestellt werden.

Bezüglich des Treatments (Abb. 1) zeigen die Ergebnisse der Varianzanalyse, dass Unterschiede im Lernzuwachs nicht signifikant sind. Für das Fachwissen kann dies mit einer ausreichend großen Teststärke (87%) festgehalten werden, während für die Auswertekompetenz die Teststärke in einem zu geringen Bereich liegt (20%), um abschließende Aussagen treffen zu können.

Weiter zeigt sich (Abb.2), dass Lehrkräfte im Trainingsmuster (T) durch die Planung und Durchführung des Demonstrationsexperiments am meisten Lernzuwachs im Bereich Fachwissen generieren konnten, gefolgt von Lehrkräften im diskursiven Muster (D) ($p < .001$, $\eta^2 = .16$). Für die Auswertephase ergibt sich ein gegensätzliches Bild. Hier konnten Lehrkräfte im Vermittlungsmuster (V) den größten Fachwissenszuwachs erzielen, gefolgt von Lehrkräften im diskursiven Muster ($p = .001$, $\eta^2 = .035$). Die Unterschiede zwischen Lehrkräften im Vermittlungsmuster und den anderen beiden Mustern sind in beiden Fällen signifikant.

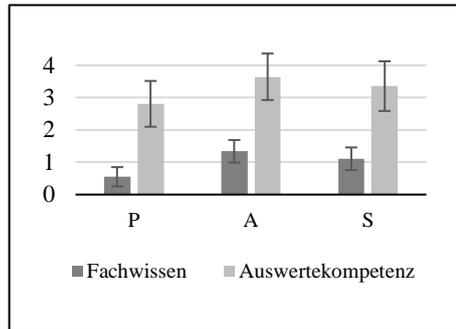


Abb. 1 Lernzuwachs in Fachwissen und Auswertekompetenz nach Treatments

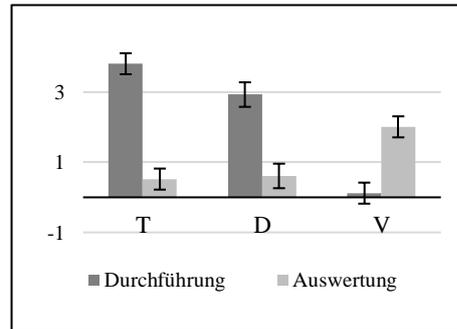


Abb. 2 Fachwissenszuwachs nach Lehrerüberzeugungstypen in der Durchführung und Auswertung des Experiments

Diskussion und Ausblick

Durch die Ergebnisse der t-Tests konnte zum einen gezeigt werden, dass der konzipierte Unterricht bezüglich des Fachwissens und der Auswertekompetenz lernförderlich ist sowie dass Schülerinnen und Schüler durch die Auswertung von Experimenten noch signifikant hinzulernen. Allerdings liegt der größere Effekt mit $\eta^2 = .2$ in der Durchführungsphase.

Bezüglich F1 kann festgehalten werden, dass Schülerinnen und Schüler, welche die Nachbereitung des Experiments komplett selbstständig vollzogen haben, ebenso viel Fachwissen hinzulernen konnten, wie Schülerinnen und Schüler, die das Experiment gemeinsam mit der Lehrkraft ausgewertet haben. Für die Auswertekompetenz kann dies aufgrund der geringen Teststärke nicht abschließend bestätigt werden.

Für F2 hat sich für die vorliegende Stichprobe gezeigt, dass bezüglich des Fachwissens Lehrkräfte im Trainingsmuster besonders erfolgreich in der Durchführungsphase und Lehrkräfte im Vermittlungsmuster am erfolgreichsten in der Nachbereitungsphase unterrichten konnten. Da die eigentliche Intervention mit Treatmentvariationen nur in der Nachbereitung stattfand, könnte dies bedeuten, dass Lehrkräfte mit transmissiven Überzeugungen besonders gut in lehrer geleiteten Unterrichtssituationen (hier Demonstrationsexperimente) unterrichten können, während Lehrkräfte mit sowohl konstruktivistischen als auch transmissiven Überzeugungen am flexibelsten auf unterschiedlich offene Unterrichtssituationen reagieren können. Allerdings muss an dieser Stelle betont werden, dass die Stichprobe mit nur 10 Lehrkräfte deutlich zu klein ist, um generalisierbare Aussagen treffen zu können. Die Interpretation kann sich lediglich auf die vorliegende Datenlage beziehen.

Es erscheint lohnenswert, an dieser Stelle weitere Forschungsarbeit zu leisten, um die Stichprobe seitens der Lehrkräfte zu vergrößern. Somit könnte zum einen die Forschungsfrage F2 aussagekräftiger beantwortet, zum anderen könnte eine Wechselwirkungsanalyse zwischen Lehrkräften und Treatments durchgeführt werden.

Literatur

- Chinn, Clark A.; Malhotra, Betina A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. In: *Sci. Ed.* 86 (2), S. 175–218. DOI: 10.1002/sce.10001.
- Dickmann, Martin, Eickhorst, Bodo, Theyßen, Heike, Neumann, Knut, Schecker, Horst. & Schreiber Nico (2013). Measuring experimental skills in large-scale assessments: developing a simulation-based test instrument. In C. P. Constantinou, N. Papadouris & A. Hadjigeorgiou (Eds.), *Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning*. Proceedings of the ESERA 2013 Conference.
- Dolan, Erin; Grady, Julia (2010). Recognizing Students' Scientific Reasoning: A Tool for Categorizing Complexity of Reasoning During Teaching by Inquiry. In: *Journal of science teacher education* 21 (1), S. 31–55. DOI: 10.1007/s10972-009-9154-7.
- Emden, Markus (2011). Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I. Berlin: Logos Berlin (Studien zum Physik- und Chemielernen, 118).
- Glug, Inga (2009). Entwicklung und Validierung eines Multiple-Choice-Tests zur Erfassung prozessbezogener naturwissenschaftlicher Grundbildung. Kiel: Universitätsbibliothek Kiel.
- Hattie, J., Beywl, W., & Zierer, K. (2013). Lernen sichtbar machen. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hoheneggen.
- Schreiber, Nico (2012). Diagnostik experimenteller Kompetenz. Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells. Berlin: Logos (Studien zum Physik- und Chemielernen, 139).
- Tesch, Maike und Duit Reinders. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; Jg. 10, 2004, S. 51-69
- Vorholzer, A., von Aufschnaiter, C. und Sophie Kirschner. (2016). Entwicklung und Erprobung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; 2016, S. 1-17
- Winkelmann, Jan (2014). Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf affektive Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht. Berlin: Logos Verlag
- Walpuski, Maik, & Hauck, Alexandra (2014). Gestaltung lernwirksamer Experimentierphasen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 67(7), 402–407.