

## **Einfluss der Auswertephase von Experimenten im Physikunterricht**

### **Einleitung und Motivation**

Forschungsergebnisse aus den letzten Jahren haben gezeigt, dass das Experiment im naturwissenschaftlichen Unterricht eine bedeutende Rolle spielt. Neben der Durchführung haben auch die Vor- und Nachbereitung und deren Einbettung in den Unterrichtsverlauf einen großen Einfluss auf die Qualität des Unterrichts (Tesch & Duit, 2004).

Lehrkräfte versuchen, mit dem Experimentieren in vielfältiger Weise Kompetenzerwerb zu erreichen, so auch im Bereich „Fachwissen“. Allerdings gibt die Forschung bisher wenig Hinweise, wie diese Phasen des Experimentierens (Vor- und Nachbereitung) gestaltet sein sollen, um den größtmöglichen Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler im Fachwissen und bei der experimentellen Kompetenz zu erzielen. Eine Studie von Winkelmann (2015), die den Unterschied zwischen Schüler- und Demonstrationsexperimenten in der Durchführungsphase untersucht hat, konnte mit Hilfe von Kurztests vor der Auswertung von Experimenten im Physikunterricht und Tests nach der Gesamtintervention zeigen, dass Schülerinnen und Schüler auch durch die Auswertung eines Experiments noch dazulernen. Daher erscheint es interessant, die Auswertephase genauer zu betrachten und mittels mehrerer Treatments mit unterschiedlichem Offenheitsgrad zu variieren. Neben dem Kompetenzbereich „Fachwissen“ soll hierbei auch die experimentelle Kompetenz beachtet werden.

Als weiteres Ergebnis konnte Winkelmann (2015) feststellen, dass nicht die Experimentiersituation selbst, sondern vor allem die Wechselwirkung zwischen unterrichtender Lehrkraft und Experimentiersituation bedeutsam ist. Daher werden in dem hier vorgestellten Forschungsprojekt neben dem Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler, auch die Überzeugungen der unterrichtenden Lehrkräfte zum Experiment und zum Unterrichtsfach Physik erhoben, um mögliche Rückschlüsse auf diese Wechselwirkung ziehen zu können.

### **Stand der Forschung**

Nach Vorholzer et al (2016) lassen sich mit dem SDDS-Modell von Klahr und Dunbar (1988) und anderen gängigen Modellen drei Teilkompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens herleiten, die sich mit den drei üblicherweise genannten Phasen des Experiments (Vorbereitung, Durchführung und Auswertung) vereinbaren lassen:

1. Vorbereitung: Fragen, Vermutungen und Hypothesen generieren,
2. Durchführung: Untersuchungen planen und durchführen,
3. Auswertung: Daten auswerten und interpretieren.

Während es in der Forschung über diese drei Teilkompetenzen weitestgehend Einigkeit gibt, werden die dazugehörigen Fähigkeiten und Fertigkeiten nur selten konkret benannt, beziehungsweise unterscheiden sich stark. Daher stand an erster Stelle die Konzeption eines geeigneten Modells, das die Kompetenzen zur Auswertung eines Experiments konkretisiert.

Nach Sichtung des Forschungsstandes (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) und eigenen Überlegungen, welche Kompetenzen bei der Auswertung von Experimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht wichtig sind, entstand ein erstes Modell, nach dem die Auswertung in drei Teilschritte zerlegt wird. Im ersten Schritt geht es darum, Messdaten aufzubereiten und zu verarbeiten im Zweiten darum, Ergebnisse zu formulieren und zu interpretieren. Die letzte Teilkomponente umfasst die

Fähigkeit, die Ergebnisse aufgrund der Fehlerbetrachtung zu bewerten. Um das Modell zu überprüfen, wurde es im Rahmen einer Examensarbeit am Institut für Didaktik der Physik der Goethe-Universität Frankfurt einer Expertenbefragung unterzogen. Mit dieser Expertenbefragung konnte sich das konzipierte Modell bestätigen lassen.

### **Forschungsfragen**

Für das vorliegende Forschungsprojekt wurden aufgrund der Ergebnisse der Studie von Winkelmann (2015) drei Forschungsfragen formuliert:

1. F1: Wie wirken sich Auswertesituationen von Experimenten im Physikunterricht mit unterschiedlichem Offenheitsgrad auf die Entwicklung von Schülerinnen und Schülern in den Bereichen Fachwissen und experimentelle Kompetenz aus?
2. F2: Welche Unterschiede zeigen sich bei unterschiedlicher Kombination von Experimentier- und Auswertesituation in Bezug auf die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler in den Bereichen Fachwissen und experimentelle Kompetenz aus?
3. F3: Welchen Einfluss haben Lehrkräfte auf den Fachwissenszuwachs und die Kompetenzentwicklung von Schülerinnen und Schülern?

### **Anlage der Studie**

Die Studie ist als Vergleichsstudie angelegt, die den Wissens- und Kompetenzzuwachs von Schülerinnen und Schülern durch angeleitetes und selbstständiges Auswerten von Schüler- und Demonstrationsexperimenten untersucht. Es handelt sich um eine quasi-experimentelle Interventionsstudie im Physikunterricht des 7. beziehungsweise 8. Schuljahrs. Auf eine vollständige Randomisierung der Vergleichsgruppen musste aufgrund der besseren Umsetzbarkeit verzichtet werden. Daher wurden die Tests und Intervention im Klassenverband von den üblichen Lehrkräften durchgeführt.

Zur Auswertung wird ein t-Test mit verbundenen Stichproben durchgeführt, um die allgemeine Lernförderlichkeit des Unterrichtsgangs zu überprüfen, sowie eine Varianzanalyse, um mögliche Unterschiede im Lernzuwachs zwischen den Treatments feststellen zu können.

### *Studiendesign*

Um die obigen Forschungsfragen zu beantworten, wurden drei Treatments mit unterschiedlichem Offenheitsgrad entwickelt:

1. Auswertung „Plenum“: Die Auswertung des Experiments wird von der Lehrkraft angeleitet.
2. Auswertung „Angeleitet“: Die Auswertung des Experiments erfolgt in Schüler-Kleingruppen. Das Vorgehen zur Auswertung ist mit Hilfe von Arbeitsblättern vorskizziert. Die Lehrkraft sollte nur im Notfall als Hilfe herangezogen werden.
3. Auswertung „Selbstständig“: Die Auswertung des Experiments erfolgt in Schülerkleingruppen. Es gibt keinerlei Vorgaben zum Vorgehen.

### *Studienverlauf*

Ziel der Pilotstudie war es, die verwendeten Messinstrumente zu erproben und zu analysieren. In der Hauptstudie, die im Herbst/ Winter 2016/2017 erfolgt, wird der Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler, sowie die Überzeugungen der Lehrkräfte zum Experiment mit den analysierten und angepassten Messinstrumenten gemessen.

### *Messinstrumente*

Zur Feststellung der Heterogenität der Lerngruppe wurde eine Skala des KFT-Tests (Q2) nach Heller & Perletz (2000) verwendet, und es wurden soziodemographische Daten (Alter, letzte Schulnoten etc.) erhoben. Die Überzeugungen der Lehrkräfte zum Unterrichtsfach und zur Wissenschaft Physik wurden mit einem Messinstrument nach Lamprecht (2011) abgefragt. Um das Fachwissen und die Experimentierkompetenz messen zu können, wurden ein Fachwissenstest (nach Winkelmann, 2015) und ein Test zum Messen der

Experimentierkompetenz (nach MeK-LSA, 2013) passend zum Unterrichtshergang neu konzipiert beziehungsweise adaptiert. Da diese beiden Tests noch nicht validiert waren, wurden sie im Rahmen der Pilotstudie einer Testanalyse unterzogen.

### **Ergebnisse der Pilotstudie**

Die Pilotstudie wurde im Herbst/ Winter 2015/ 2016 in sieben Klassen mit fünf Lehrkräften durchgeführt. Insgesamt nahmen 140 Schülerinnen und Schüler (69 weiblich, 68 männlich) der Jahrgangsstufe sieben teil.

#### *Testanalyse und erste Ergebnisse des Fachwissenstests*

Die Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität stellten sich für den Fachwissenstest als gut heraus. Des Weiteren konnte eine Normalverteilung in den Daten ermittelt sowie von einer Varianzhomogenität ausgegangen werden. Daher erfolgte die Entscheidung, erste Ergebnisse zum Lernzuwachs zu betrachten, obwohl die Stichprobe der Pilotstudie noch sehr gering ist und daher Ergebnisse lediglich als wage Tendenz gesehen werden können.

Für die Testung der allgemeinen Lernförderlichkeit des Unterrichts wurde ein t-Test für verbundene Stichproben durchgeführt, der einen signifikanten Anstieg im Fachwissen um 2.77 Punkte zeigte. Bei der Betrachtung der Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen konnte mit einer einfaktorischen ANOVA ( $F(5,133) = 4.075$ ) ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen mit einem großen Effekt festgestellt werden. Die von der Lehrkraft angeleiteten Gruppen zeigten dabei den größten Fortschritt im Bereich Fachwissen. Bei einem Vergleich der Experimentiersituation in der Durchführungsphase (Schüler- vs. Demonstrationsexperiment) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede.

#### *Testanalyse des Experimentierkompetenztests*

Zum Messen der experimentellen Kompetenz wurde ein Multiple-Choice Test auf Grundlage des Computersimulations-Tests des MeK-LSA Projekts (bspw. in Dickmann, 2013) entwickelt. Allerdings haben sich die Gütekriterien dieses von uns erstellten Tests als schlecht herausgestellt. Die größten Probleme ergaben sich bei der Reliabilität. Außerdem gab es einen unerwarteten signifikanten Abfall in der erreichten Punktzahl zwischen Pre- und Posttest. Daher fiel die Entscheidung, das Testinstrument komplett zu überarbeiten und es vor allem durch Textkürzung und dem Hinzufügen von Bildern probandenfreundlicher zu gestalten. Das neu gestaltete Testinstrument wurde erneut einer Pilotierung ( $N = 91$ ) unterzogen. Die Gütekriterien des überarbeiteten Tests konnten als gut identifiziert werden, weswegen diese Version nun in der Hauptstudie verwendet werden kann.

### **Ausblick**

Mit den in der Pilotstudie analysierten und überarbeiteten Testinstrumenten wird im Herbst/ Winter 2016/ 2017 die Hauptstudie durchgeführt. Da durch erste Ergebnisse der Pilotstudie festgestellt werden konnte, dass Unterschiede in der Durchführungsphase von Experimenten nicht signifikant werden (Bestätigung der Ergebnisse von Winkelmann) fiel die Entscheidung, in der Hauptstudie auf Schülerexperimente zu verzichten und nur noch Demonstrationsexperimente durchführen zu lassen. Dies hat den Vorteil, dass sich die Anzahl der Untersuchungsgruppen von sechs auf drei reduziert. Dadurch wird die Stichprobe pro Treatment vergrößert, das Studiendesign gestaltet sich deutlich übersichtlicher und mögliche Störvariablen in Schülerexperimenten werden reduziert.

An der Hauptstudie nehmen ca. 20 Lehrkräfte mit 24 Klassen teil. Die Zuteilung der Treatments erfolgt dabei zufällig.

### 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.
- KMK, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2004). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*. München: Luchterhand.
- 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