

Funktionale Aspekte des Experiments Die Sicht der Lehrkraft

Fadime Karaböcek, Roger Erb

Institut für Didaktik der Physik, Goethe-Universität Frankfurt,
Max-von-Laue-Straße 1, 60438 Frankfurt am Main
karaboecek@physik.uni-frankfurt.de, roger.erb@physik.uni-frankfurt.de

Kurzfassung

Das Experiment ist eine zentrale Methode des Physikunterrichts. Ihm wird von Lehrkräften eine Vielzahl von möglichen Funktionen zugeschrieben. Ebenfalls lassen sich normativ viele Ziele zu Experimenten formulieren. Aus wissenschaftlicher Sicht stellt sich die Frage, welche Funktionen Experimente im Unterricht des Schulalltags tatsächlich einnehmen. Frühere Studien geben Hinweise darauf, dass das Ziel für Lehrpersonen vordergründig im Darstellen von Phänomenen liegt (Abrahams, 2008). Im Rahmen der Studie *Einsatz von Experimenten im Physikunterricht* (Karaböcek & Erb, 2013) wird die Fragestellung nach dem Einsatzzweck von Experimenten in der Unterrichtsrealität aufgegriffen. Zur Untersuchung wurde eine Stichprobe von ca. 100 Lehrkräften gebeten, die im Unterricht durchgeführten Experimente in einem Fragebogen zu dokumentieren. Dabei wurden zum einen fachliche Informationen über das durchgeführte Experiment und dessen Durchführungsform erhoben. Zum anderen wurden die Ziele erfragt, die Lehrkräfte mit den Experimenten in konkreten Unterrichtssituationen verbinden. Die erste Auswertung zeigt, dass normativ festgelegte Zielkategorien in der Unterrichtspraxis Lehrkräfte wiederzufinden sind.

1. Einleitung

Die Frankfurter Studie „Einsatz von Experimenten im Physikunterricht“ (Karaböcek & Erb, 2013) befasst sich mit der Fragestellung, welche Experimente in der alltäglichen Unterrichtspraxis der Sekundarstufe I besonders im gymnasialen Unterricht durch Lehrende eingesetzt werden und welche Unterrichtsziele mit dem Einsatz konkret verfolgt werden.

Ziele von Experimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht sind schon seit den sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts Teil der internationalen naturwissenschaftsdidaktischen Unterrichtsforschung. Kerr (1963) veröffentlichte eine Übersicht mit 10 Zielen, die von Lehrkräften in England nach ihrer Bedeutung für den Unterricht geordnet wurden. Das wichtigste Ziel für die englischen Lehrkräfte war dabei die Darstellung von Phänomenen. Beatty und Woolnough (1982) ergänzten zu dieser Übersicht weitere 10 wichtige Ziele des Experimentierens. Diese Liste bildete eine Grundlage für weitere, auch vergleichende Studien (Swain et al., 1999). Ähnliche Ziele zeichneten sich bei einer internationalen Studie nach der Delphi-Methode ab. Dabei wurden Lehrkräfte der Sekundarstufe II und des ersten universitären Ausbildungsjahres befragt. Es zeigte sich, dass Lehrpersonen das Hauptziel beim Einsatz von Experimenten in der Verbindung von Theorie und Praxis sehen (Welzel et al., 1998).

Bei der Gruppierung dieser Ziele in Kategorien lassen sich bei vielen Autoren Ähnlichkeiten finden.

Je nach Autor werden drei, vier oder fünf Kategorien für Ziele des Experimentierens angegeben, wobei es viele inhaltliche Übereinstimmungen gibt. Zusammenfassend lassen sich normativ sechs Kategorien (vgl. Abb. 1) identifizieren (Hodson, 1993; Hofstein und Lunetta, 2004; Kircher et al., 2009; Millar, 2010; Muckenfuß, 1995; Welzel et al., 1998).

- Das Erlernen von Fachinhalten fördern.
- Vermittlung experimenteller Fähigkeiten.
- Das Interesse anregen und Motivierung zur Weiterbeschäftigung.
- Einen Einblick in naturwissenschaftliches Arbeiten geben.
- Das Verständnis über die Natur der Naturwissenschaften fördern.
- Das Wissen überprüfen.

Abb.1: Zusammenfassende Zielkategorien des Experimentierens.

2. Ziel der Studie

Obwohl Experimente in der Theorie zur Erreichung unterschiedlicher Zielbereiche eingesetzt werden können, zeigten Beobachtungen aus Videostudien, dass auch im deutschsprachigen Unterricht Experimente eher zur Verdeutlichung von Phänomenen

eingesetzt werden (Tesch, 2005). Es lässt sich die Frage stellen, ob mit dem Einsatz von Experimenten im realen Unterricht in größerem Umfang auch weitere Ziele verfolgt werden. Bisherige Studien zu Zielen des Experimentierens wurden meist ohne Unterrichtsbindung durchgeführt. Die Lehrkräfte wurden unabhängig vom gegebenen Unterricht und unabhängig von bestimmten Experimenten befragt. Zur Erweiterung der Erkenntnisse will die Frankfurter Studie tiefere Einblicke zu konkreten Zielen der Lehrkräfte mit bestimmten Experimenten im realen Physikunterricht liefern.

Ziel der Untersuchung ist die Bearbeitung folgender Fragestellungen:

- F1: Lassen sich explorativ Ziele erkennen, die normativ nicht erwähnt werden, für den Unterricht aber aus Sicht der Lehrenden Bedeutung zeigen?
- F2: Gibt es eine besondere, unterrichtsspezifische Gewichtung der Zielkategorien?

Zur Definition des Begriffs des Experimentes, welcher in der naturwissenschaftlichen Forschung oft anders ausgelegt wird, als im Schulunterricht, beziehen wir uns auf Hacking (1983). Diese wurde auch von Millar (2010) bei der Betrachtung der Bedeutung des Experimentes für den naturwissenschaftlichen Unterricht zugrunde gelegt.

„[An experiment is] an activity which involves an intervention to produce the phenomenon to be observed or to test a hypothesis.“ (Millar, 2010 nach Hacking, 1983)

Diese Definition des Experimentierens sehen wir für das schulische Experimentieren als besonders geeignet. Sie beinhaltet sowohl das naturwissenschaftliche Verständnis des Experimentierens, nämlich das Testen von Hypothesen, als auch weitere Formen des Experimentierens, wie die reine Beobachtung von Phänomenen. Zudem wird die Art der Durchführung offen gelassen. Das Experimentieren an realen Aufbauten kann genauso als „Experiment nach Hacking“ verstanden werden, wie die Betrachtung von Simulationen an einem PC.

3. Studiendesign und Methoden

Zur Ergänzung der Erkenntnisse bisheriger Studien, die größtenteils qualitativ und mit kleineren Stichproben gearbeitet haben, wurde bei dieser Untersuchung eine schriftliche Befragungsmethode gewählt. Auf diese Weise konnte eine große Stichprobe von Lehrenden und durchgeführten Experimenten untersucht werden. Da der Fokus auf dem Experiment im alltäglichen Physikunterricht lag, wurde eine Feldstudie mit Lehrkräften, die aktiv in der Sekundarstufe I unterrichten, durchgeführt. Die schriftliche Be-

fragung vollzog sich durch die Selbstdokumentation der Lehrenden mittels standardisierter Fragebögen. Dazu wurde eine Stichprobe von 96 Lehrkräften aus Schulen, verteilt über das gesamte Bundesgebiet, gebeten, die im Unterricht durchgeführten Experimente zu dokumentieren. Im Fragebogen sollte das jeweilig durchgeführte Experiment benannt, klassifiziert und die Ziele dazu auf einer vierstufigen Ratingskala zu Zielen des Experimentierens bewertet werden. Die Lehrkräfte sollten mindestens ein Experiment dokumentieren. Es war ihnen aber frei gestellt, auch mehrere Experimente aus dem Unterricht für die Erhebung festzuhalten.

Die Skala zu Zielen des Experimentierens wurde zuvor durch Literaturrecherche erstellt und in einer Vorstudie mittels halboffener Befragung Physiklehrkräften an 41 Unterrichtsexperimenten in der Sekundarstufe I untersucht (Karaböcek & Erb, 2014). Dabei konnten aus 40 Feinzielen des Experimentierens 6 Ziele festgestellt werden, die kaum genannt wurden und damit keine Relevanz für den alltäglichen Physikunterricht zeigten. Diese wurden aus dem Inventar gestrichen, dementsprechend kamen 34 Feinziele als Items für die Skala des Experimentierens in der Endfassung des Fragebogens in Frage.

Zur Bearbeitung der Fragestellung F1 wird eine explorative Faktorenanalyse auf die Skala des Experimentierens angewandt. Dabei lässt sich feststellen, ob bereits genannte normative Kategorien durch die Lehrerangaben wiederzufinden sind und ob weitere Kategorien existieren.

4. Ergebnisse

Die Befragung wurde im Januar 2014 begonnen, so dass die Auswertung sich auf Experimente bezieht, die Ende des ersten Schulhalbjahres und zu Beginn des zweiten Schulhalbjahres 2013/ 2014 im Unterricht durchgeführt wurden. Zur Auswertung standen nach einem Rücklauf von ca. 37 % der Fragebögen 126 dokumentierte Experimente zur Verfügung.

Zur Auswertung wurde im ersten Schritt eine deskriptive Skalenanalyse durchgeführt. Auffällig ist eine Zweiteilung der Skala in Bezug auf die Zustimmungsraten. Eine kleine Gruppe von Zielen hebt sich gegenüber den restlichen Items der Skala ab. Diese Ziele erfahren für einen großen Teil der Experimente eine hohe Zustimmung bei gleichzeitig niedriger Streuung. Diese befinden sich in Abbildung zwei im rechten unteren Bereich. Eine hohe Itemschwierigkeit zeigt eine große Zustimmung zu dem jeweiligen Ziel an.

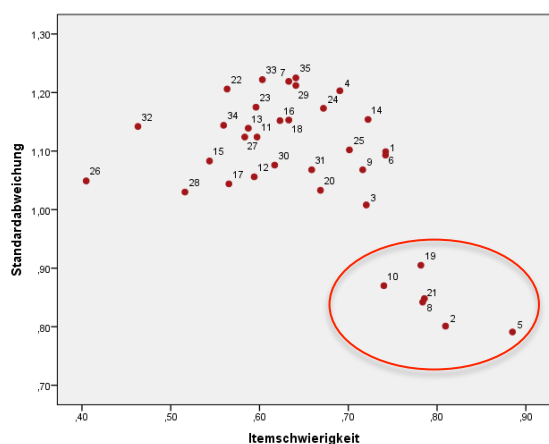


Abb.2: Zustimmungsraten zu einzelnen Zielen des Experimentierens. Eine hohe Itemschwierigkeit zeigt eine große Zustimmung zu dem jeweiligen Ziel an.

Die inhaltliche Betrachtung zeigt, dass die Formulierung dieser Gruppe von Zielen sehr allgemein ist. Aus Sicht der Lehrkräfte spielen diese Ziele offenbar beim Experimentieren immer eine wichtige Rolle. Diese übergeordneten Ziele werden in Tabelle 1 vorgestellt.

Item-Nr.	Ziel des Experiments war es,
2	Interesse zu wecken.
5	Fachwissen zu vermitteln.
8	physikalische Vorstellungen aufzubauen.
10	Grunderfahrungen aufzubauen bzw. auszu-schärfen.
19	zu motivieren.
21	Aufmerksames beobachten zu lernen.

Tab.1: Übergeordnete Ziele des Experimentierens im Physikunterricht.

Zur weiteren Analyse der Skala auf Dimensionalität wurde eine explorative Faktorenanalyse zur Skala der Ziele des Experimentierens durchgeführt. Diese Analyse liefert Hinweise darauf, ob mit der verwendeten Skala mehrere Konstrukte abgefragt wurden. Im ersten Schritt lieferte die Analyse eine neunfaktorielle Lösung¹. Die extrahierten Faktoren waren jedoch inhaltlich schwierig voneinander zu trennen, da viele Items (Ziele) auf mehreren Faktoren gleichzeitig luden. Nachdem alle diese mehrfachladenden Items aus der Analyse ausgeschlossen wurden, ließ sich eine vierfaktorielle Lösung feststellen. Eine

¹ Extraktion mittels Hauptkomponenten-Methode und Varimax Rotation. Anzahl der Faktoren bestimmt durch das Kaiser-Guttman-Kriterium.

weitere explorative Faktorenanalyse mit allen Items, die aus der ersten Analyse ausgeschlossen wurden, lieferte eine dreifaktorielle Lösung, wobei auch hier erneut Items, nach oben erwähntem Kriterium, aus der Analyse ausgeschlossen werden mussten. Folglich konnten durch dieses zweistufige Analyse-Verfahren sieben Dimensionen für die Skala des Experimentierens identifiziert werden. In Tabelle 2 sind die einzelnen Dimensionen dargestellt. Diese beschreiben zugleich die Subskalen der Experimentierziele.

Faktor	Anzahl Items	α^{*2}
Arbeiten mit experimentellen Daten	5	.86
Praktisches experimentelles Arbeiten	3	.88
Wissenschaftliches Experimentieren	4	.82
Physikalische Inhaltsvermittlung	3	.59
Vorstellungen aufbauen/ prüfen	3	.71
Wissensüberprüfung	2	.77
Affektive Ziele	2	.71

Tab.2: 7 Dimensionen der Ziele des Experimentierens nach Lehrerangaben.

Die ersten drei Dimensionen sind inhaltlich sehr ähnlich. Alle drei Subskalen beinhalten größtenteils Items, die vor der Untersuchung theoriegeleitet in die Kategorie „Vermittlung experimenteller Fähigkeiten“ eingeordnet wurden. Diese drei Subskalen haben zusammen eine Homogenität von $\alpha = .89$. Die Faktorenanalyse zeigt jedoch, dass aus Sicht der Lehrenden für das Experimentieren im Unterricht sehr wohl eine inhaltlich begründbare Differenzierung dieser Kategorie existiert. In Tabelle 3 ist der Faktor „Arbeiten mit experimentellen Daten“ mit den zugehörigen Items beispielhaft dargestellt.

² * Cronbachs α resultiert aus Faktorenanalyse.

Faktor	Items	Trennschärfe	Faktorladungen
Arbeiten mit experimentellen Daten	Ziel des Experiments war es,		
	- die kritische Interpretation von Daten zu lernen.	.77	.84
	- Notationen oder Formeln einzuführen.	.64	.82
	- zu lernen mit Messfehlern umzugehen.	.74	.81
	- wissenschaftliche Erkenntnismethoden kennenzulernen.	.63	.74
	- ein Gesetz quantitativ zu prüfen.	.59	.72
Cronbachs $\alpha = .86$ * ³			

Tab.3: Faktor „Arbeiten mit experimentellen Daten“ mit zugehörigen Items.

Die normative Kategorie ist demnach in den Ergebnissen wiederzufinden, jedoch wird diese im Unterricht weiter ausdifferenziert. Das „Arbeiten mit experimentellen Daten“ bezieht sich auf Ziele, die mit der Aufnahme und Interpretation von experimentell erworbenen Daten in Verbindung zu bringen sind. Dagegen beinhaltet das „Praktische experimentelle Arbeiten“ nur Ziele, die mit dem Umgang von Experimentieraufbauten und deren Bedienung zu tun haben. Der Faktor „Wissenschaftliches Experimentieren“ repräsentiert Ziele, welche etwas allgemeiner auf das Planen und Durchführen von Experimenten zu beziehen sind.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Die erste Analyse der Daten zeigt, dass Ziele des Experimentierens, die in der Theorie existieren, auch in realen Experimentiersituationen im Physikunterricht in Betracht gezogen werden. Eine Gruppe von Zielen scheint für alle Experimente von Bedeutung zu sein (Abb. 3); insbesondere ist die Vermittlung von Fachwissen Ziel fast jeden Experiments. Sämtlich genannte Ziele wurden näher analysiert. Eine explorative Faktoranalyse konnte zeigen, dass weiterhin eine Ausdifferenzierung der Ziele der theoretischen Kategorie der „Experimentelle Fähigkeiten“ zu finden ist.

Im weiteren Verlauf der Studie werden wir die erhobenen Daten auf die zweite Fragestellung hin analysieren. Es ist vorgesehen, eine Clusteranalyse über die identifizierten Faktoren durchzuführen. Dadurch soll eine Aussage über die Gewichtung der Ziele

³ * Cronbachs α resultiert aus Faktoranalyse.

beim Einsatz von Experimenten im Unterricht getroffen werden.

5. Literatur

- [1] Abrahams, I. & Millar, R. (2008): Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science, *International Journal of Science Education*, 30:14, 1945-1969.
- [2] Beatty, J. W. & Woolnough, B. E. (1982): Practical Work in 11-13 Science: the context type and aims of current practice. *British Educational Research Journal*, 8, 23-30.
- [3] Hacking, I. (1983): *Representing an Intervening*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [4] Hodson, D. (1993): Re-thinking Old Ways: Towards A more Critical Approach To Practical Work. In: *Studies in Science Education*, 22 Leeds: Routledge1993. P. 85-142.
- [5] Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004): The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. In *science education*, 88 (2004) 1, S. 28-54.
- [6] Karaböcek, F. & Erb, R. (2013): Experimentieren im Physikunterricht: Welche Ziele verbinden Lehrkräfte mit dem Experimentieren? In: Helmuth Grötzenbach, Volkhard Nordmeier (Hrsg.): *PhyDid B – Didaktik der Physik*, Beitrag DD 17.43.
- [7] Karaböcek, F. & Erb, R. (2014): Typische Experimente im Physikunterricht. In S. Bernhold (Hrsg.) "Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht", im Druck.
- [8] Kerr, J. F. (1963): *Practical Work in School Science: An Enquiry into the Nature Purpose of Practical Work in School Science in England and Wales*. Leicester: Leicester University Press.
- [9] Kircher, E.; Girwidz, R.; Häußler, P. (Hrsg.) (2009): *Physikdidaktik. Theorie und Praxis*. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer.
- [10] Muckenfuß, H. (1995): *Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*. Berlin: Cornelsen.
- [11] Swain, J.; Monk, M.; Johnson, S. (1999): A comparative study of attitudes to aims of practical work in science education in Egypt, Korea and the UK, *International Journal of Science Education*, 21:12, 1311-1323.
- [12] Tesch, M. (2005): *Das Experiment im Physikunterricht. Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie*. Zugl.: Kiel, Univ., Diss., 2005. Berlin: Logos-Verl (Studien zum Physik- und Chemielernen, 42).
- [13] Welzel, M.; Haller, K. Bandiera M. Hammelev D. Koumaras P. Niedderer H. Paulsen A. Robinault K. & von Aufschnaiter S. (1998): *Ziele,*

die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden. Ergebnisse einer europäischen Umfrage. In:

Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (1), S. 29–44.