

Fabian Bernstein^{1,2}
 Sascha Schmeling²
 Thomas Wilhelm¹
 Julia Woithe²

¹Goethe-Universität Frankfurt am Main
²CERN, Genf

Saliente Überzeugungen von Physiklehrkräften zum Experimentieren

Die Sicht der Lehrkräfte auf das Experiment: Zur Relevanz der Fragestellung

Welche Ziele Physiklehrkräfte mit dem Einsatz von Experimenten im Unterricht verfolgen und welche Gründe sie für ihre Durchführung angeben, ist in verschiedenen nationalen und internationalen Studien untersucht worden (Kerr, 1963; Thompson, 1975; Beatty & Woolnough, 1982; Welzel et al., 1998; Swain, 1999 & 2000). Diese Ziele sind deshalb von besonderem Interesse, da einerseits Fragen nach der Lernwirksamkeit und nach dem didaktischen Stellenwert von Experimenten für den Physikunterricht seit geraumer Zeit kontrovers und nicht- abschließend diskutiert werden (vgl. z. B. Hodson, 1990 & 1993; Hofstein & Lunetta, 2004; Hopf, 2007; Dillon, 2008; Abrahams & Millar, 2008; Millar, 2010; Schwichow et al., 2016), andererseits die systematische Einbettung von Experimentieraktivitäten in den Physikunterricht nicht unerhebliche finanzielle Mittel erfordert. Da die Entscheidung zum Einsatz von Experimenten im Unterricht primär der Lehrkraft obliegt, müssen Initiativen zur Veränderung oder Optimierung der Unterrichtspraxis notwendigerweise bei den Lehrkräften ansetzen, was wiederum belastbare Erkenntnisse über die Sicht der Lehrkräfte voraussetzt.

Zum Forschungsstand

Eine größere Zahl von Studien liegt insbesondere aus dem Vereinigten Königreich vor, was teils auf eine lange Tradition des Experimentierens als Teil der schulischen naturwissenschaftlichen Ausbildung zurückgeführt werden kann (Abrahams & Millar, 2008). So wurde bereits 1963 von Kerr eine großangelegte Studie initiiert, in deren Rahmen mehr als 700 Lehrkräfte aller naturwissenschaftlicher Fächer befragt wurden; Folgestudien wurden in den 70er Jahren von Thompson et al. (1975) sowie Beatty und Woolnough (1982) durchgeführt. In jüngerer Zeit hat Swain in einer kombinierten Längs- (Swain, 2000) und Querschnittstudie (Swain, 1999) die zeitliche Entwicklung in den Zielstellungen von Lehrkräften aus dem Vereinigten Königreich untersucht sowie einen Vergleich zu den Ansichten von Lehrkräften aus Südkorea und Ägypten unternommen. Auf europäischer Ebene wurde mit dem Forschungsprojekt „Labwork in Science Education“ eine großangelegte Studie für alle naturwissenschaftlichen Fächer in sechs europäischen Ländern durchgeführt (Welzel et al., 1998).

In methodischer Hinsicht beruhen die angeführten Studien, mit Ausnahme der „Labwork in Science Education“ Studie, auf einer Auflistung möglicher Zielstellungen, die von Kerr (1963) auf der Basis einer Literaturschau zusammengestellt und den Lehrkräften zum Ranking vorgelegt wurde. Diese Aufstellung wurde von Thompson et al. (1975) um weitere Ziele ergänzt, um den curricularen Entwicklungen im Zuge der Nuffield-Reformen Rechnung zu tragen. Die so ergänzte Aufstellung lag sowohl den Studien von Beatty und Woolnough (1982) als auch von Swain (1999 & 2000) zugrunde.

Im Ergebnis zeigte sich in diesen Studien im Großen und Ganzen eine hohe Kontinuität in den Einschätzungen der Lehrkräfte über die Jahrzehnte. So stellt bspw. Millar (2010) fest, dass die in Tab. 1 aufgeführten Ziele in allen Studien, die im Vereinigten Königreich realisiert wurden, stets hoch eingeschätzt wurden. Große Schnittmengen zeigen sich dabei auch mit den mittels induktiver Kategorienbildung gewonnenen Oberkategorien, die im Rahmen des „Labwork in Science Education“-Projektes generiert wurden (siehe Tab. 1). Insgesamt ergibt sich somit scheinbar ein kohärentes Bild der Einstellungen der Lehrkräfte.

Höchstgerankte Ziele in UK-Studien	„Labwork in Science Education“-Projekt (1998)
	Objectives for labwork are
To make phenomena more real.	A) for the student to link theory to practice,
To encourage accurate observation and description.	B) for the student to learn experimental skills,
To promote a logical reasoning method of thought.	C) for the student to get to know the methods of scientific thinking,
To arouse and maintain interest.	D) for the student to foster motivation, personal development, social competence,
	E) for the teacher to evaluate the knowledge of the students.

Tab.1 Zielstellungen des Experimentierens aus Sicht der Lehrkräfte

Allerdings wurden von verschiedener Seite auch substanzielle Zweifel an der Belastbarkeit der genannten Studien geäußert. In methodischer Hinsicht wurden insbesondere die Wiederholbarkeit im Ranking-Verfahren, das Question-Wording und die mangelnde Sicherstellung der Interpretation der Schlüsselbegriffe durch die Probanden moniert (Millar, 2010). Auch kann man kritisch fragen, inwieweit die von Kerr zusammengestellten und von Thompson ergänzten Zielstellungen eigentlich den Zielen der befragten Lehrkräfte entsprochen haben oder inwieweit diese eigene Absichten verfolgten, die durch diese Aufstellung nicht abgedeckt wurden.

Schwerwiegender noch sind sich abzeichnende Effekte sozialer Erwünschtheit im Antwortverhalten der Lehrkräfte, insbesondere, da bereits in der initialen Studie von Kerr (1963) signifikante Diskrepanzen zwischen Theorie und Praxis, zwischen dem, was Lehrkräfte *sagen*, dass sie tun und dem, was sie *tun*, berichtet wurden. Wenn es sich, wie diese Divergenzen vermuten lassen, bei den angeführten Zielen nicht um entscheidungsleitende Überzeugungen, sondern um Ex-Post-Rationalisierungen und soziale Begründungsstrategien handelt, dann gilt, wie Millar (2010, S. 112) meint: *„Teachers’ ranking of aims may tell us more about the rhetoric of practical work, at the time the study was carried out, than about the practice.“*

Eine neue Studie am CERN

Ein Teil der Problematik scheint dabei darin zu bestehen, dass – wie eine genauere Analyse zeigt – die aufgeführten Studien teils implizit und teils explizit auf der Annahme beruhen, dass die *didaktischen Ziele*, die mit dem Einsatz von Experimenten im Unterricht verfolgt werden können, notwendig mit den *entscheidungsleitenden Gründen* der Lehrkräfte zusammenfallen; mit anderen Worten, dass Lehrkräfte Experimente *um ihrer möglichen didaktischen Ziele* willen einsetzen. Verschiedene Indizien weisen darauf hin, dass diese Annahme plausibel, aber unzutreffend ist. So fasst bspw. Jonas-Ahrend (2003, S. 121) zusammen: *„Im Ergebnis kann man feststellen, dass von den Lehrern [...] die Bedeutung der Experimente für die Schüler relativ selten hervorgehoben [wird]. Experimente werden von den Lehrern also nicht nur für die Schüler eingesetzt, sondern aus eigener Überzeugung heraus, dass Experimente zum Physikunterricht bzw. zur Physik gehören oder den Stundenablauf erleichtern.“*

Die am CERN in Kooperation mit der Universität Frankfurt a. M. derzeit durchgeführte Studie nimmt ihren Ausgangspunkt bei diesen Überlegungen. Der Einsatz von Experimenten wird dabei nicht a priori als durch didaktische Zielstellungen determiniert angesehen, sondern ganz allgemein als Verhalten von Lehrkräften konzeptualisiert, das mittels des *Reasoned Action Approaches* (Fishbein & Ajzen, 2010), einer prädiktiven Verhaltenstheorie, operationalisiert wird. Dies impliziert, dass die Determinanten dieses Verhaltens auf empirische Weise zu bestimmen sind. Die Grobstruktur des Forschungsdesigns wird dabei durch den *Reasoned Action*

Approach vorgegeben: Demgemäß sind zunächst die salienten, d. h. entscheidungsleitenden Überzeugungen qualitativ zu erheben, bevor in einem zweiten Schritt eine quantitative Studie zu den wesentlichen Konstrukten der Theorie durchgeführt werden kann (siehe Abb. 1).

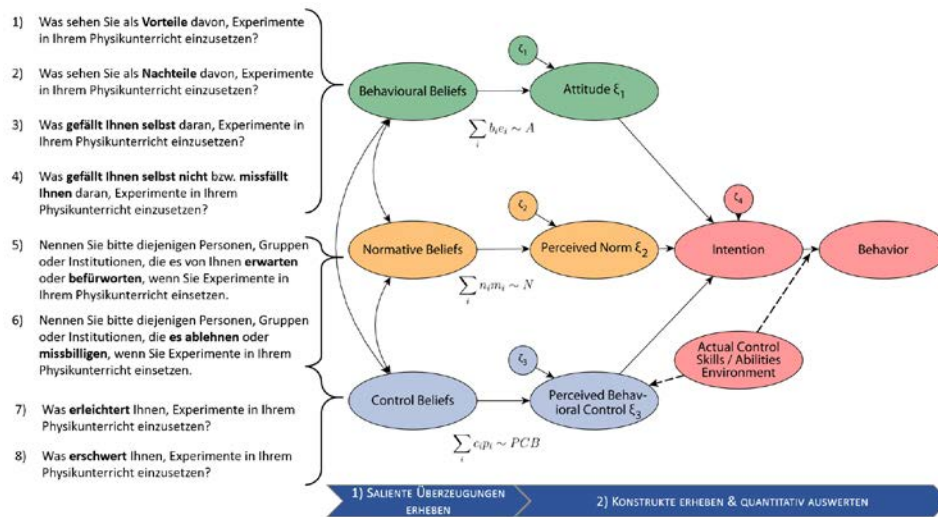


Abb.1 Studiendesign nach dem Reasoned Action Approach (rechts) und Items der qualitativen Vorstudie (links)

Eine Besonderheit der am CERN durchgeführten Studie besteht darin, dass sie als Dreiländerstudie konzipiert wurde, an der Lehrkräfte aus dem Vereinigten Königreich, Deutschland und Italien teilnehmen. Dabei werden die Fortbildungsprogramme für Lehrkräfte am CERN zur Akquise der Stichproben herangezogen. Darüber hinaus ermöglicht eine Kooperation mit dem Netzwerk Teilchenwelt (<https://www.teilchenwelt.de/>) weitere Lehrkräfte aus Deutschland in das Forschungsprojekt miteinzubeziehen.

Große Sorgfalt wurde auf die Erstellung der Messinstrumente und deren Übersetzung verwendet, auch eingedenk der von Millar und anderen vorgetragenen Kritikpunkte. So wurde bereits in der Phase der Itemgenese das Fragenbewertungssystem von Faulbaum et al. (2009) zur Identifikation von potentiellen Gefährdungen der Fragequalität herangezogen und nach Implementierung der Online-Umfrage in Drupal 8 ein zwei Phasen-Pretesting durchgeführt (Prüfer & Rexroth, 2000). Der Übersetzungsprozess orientiert sich dabei an aktuellen *Best Practices* (Harkness et al., 2010) und den Vorgehensweisen im *European Social Survey*: So wurde ein „Team-Ansatz“ (team approach, siehe Behr et al., 2015) gewählt, bei dem jeweils zwei unabhängige Übersetzungen angefertigt wurden, je eine von einem professionellen Übersetzer und eine von einer Lehrkraft, deren Muttersprache die Zielsprache ist. Anschließend wurde vergleichend diskutiert, um die bestmögliche Übersetzungslösung zu erreichen.

Derzeit ist die Datennahme der qualitativen Studie weitgehend abgeschlossen, die quantitative Studie wird sich im Frühjahr 2020 anschließen. Erste Auswertungen aus den deutschen Lehrerprogrammen am CERN zeigen, dass einerseits die salienten Überzeugungen zum *Attitude*-Konstrukt (Einstellungs-Konstrukt) zahlreiche Aspekte bisheriger Studien reproduzieren, dass aber in den Konstrukten *Perceived Norm* (Wahrgenommene Norm) und *Perceived Control* (Wahrgenommene Verhaltenskontrolle) weitere potentiell entscheidungsleitende Faktoren abgebildet werden, die in den bisherigen Studien nicht sichtbar geworden sind.

Literatur

- Abrahams, Ian; Millar, Robin (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. In: *International Journal of Science Education* 30 (14), 1945-1969
- 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 (1), 23-30
- Behr, D., Braun, M., Dorer, B., GESIS Survey Guideline. Messinstrumente in internationalen Studien, https://www.gesis.org/fileadmin/upload/SDMwiki/Messinstrumente_internationale_Studien_BehrBraunDorer_08102015_1.1.pdf (14.10.2019)
- Dillon, Justin (2008): A Review of the Research on Practical Work in School Science. http://www.score-education.com/downloads/practical_work/Review_of_Research.pdf (14.10.2019)
- European Social Survey (2018). ESS Round 9 Translation Guidelines. London: ESS ERIC Headquarters, https://www.europeansocialsurvey.org/docs/round9/methods/ESS9_translation_guidelines.pdf (14.10.2019)
- Harkness, J. A., Braun, M., Edwards, B., Johnson, T. P., Lyberg, L., Mohler, P. et al. (Hrg.) (2010): *Survey Methods in Multinational, Multiregional, and Multicultural Contexts*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. In: *School Science Review* 71 (256), 33–40
- Hodson, D. (1993). Re-thinking Old Ways: Towards a More Critical Approach to Practical Work in School Science. In: *Studies in Science Education* 22 (1), 85–142
- Hofstein, A., Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. In: *Science Education* 88 (2004), 28-54
- Prüfer, P., Rexroth, M. (2000). Zwei-Phasen-Pretesting. https://www.gesis.org/fileadmin/upload/forschung/publikationen/gesis_reihen/zuma_arbeitsberichte/00_08.pdf (14.10.2019)
- Faulbaum, F., Prüfer, P., Rexroth, M. (2009). Was ist eine gute Frage? Die systematische Evaluation der Fragenqualität. 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden
- Fishbein, M. & Ajzen, I. (2010). *Predicting and changing behavior. The reasoned action approach*. New York: Hopf, Martin (2007). *Problemorientierte Schülerexperimente*. Dissertation. Ludwig-Maximilians-Universität, München
- Jonas-Ahrend, G. (2003). *Physiklehrervorstellungen zum Experiment im Physikunterricht*. Berlin: Logos-Verlag
- Kerr, J. F., Boulind, H. F., Scott, D. W., Rolls, M. J. & Stafford, E. (1963). *Practical work in school science. An account of an inquiry sponsored by the Gulbenkian foundation into the nature and purpose of practical work in school science teaching in England and Wales*. 1. Aufl. Leicester: Univ. Pr.
- Millar, R., Practical Work. In: Osborne, J. & Dillon, J. (Hg.) (2010). *Good Practice in Science Teaching. What research has to say*. Second edition. Maidenhead: Open University Press, 108-134
- Schwichow, M., Zimmerman, C., Croker, S., Härtig, H. (2016). What students learn from hands-on activities. In: *J Res Sci Teach* 53 (7), 980–1002.
- Swain, J., Monk, M., Johnson, S. (1999). A comparative study of attitudes to the aims of practical work in science education in Egypt, Korea and the UK. In: *International Journal of Science Education* 21 (12), 1311–1323
- Swain, J., Monk, M. & Johnson, S. (2000). Developments in science teachers' attitudes to aims for practical work: continuity and change. *Teacher Development*, 4 (2), 281-292
- Thompson, J. J. (1975). *Practical work in sixthform science. An enquiry into the aims and methods of the teaching of practical work in sixthform science as perceived by teachers of physics, chemistry and biology*. Oxford: University of Oxford Department of Educational Studies. Science Centre
- Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H., Paulsen, A., Robinault, K. & Aufschnaiter, Stefan von (1998). Ziele, die Lehrende mit experimentellem Arbeiten in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden- Ergebnisse einer europäischen Umfrage. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*, 4 (1), 29-44