

Lernzuwachs durch Schüler- und Demonstrationsexperimente

Jan Winkelmann, Roger Erb

Institut für Didaktik der Physik, Goethe-Universität Frankfurt,
Max-von-Laue-Str. 1, 60438 Frankfurt am Main,
E-Mail: winkelmann@physik.uni-frankfurt.de und roger.erb@physik.uni-frankfurt.de

Kurzfassung

Allgemein wird angenommen, dass das selbstständige Experimentieren durch Schülerinnen und Schüler in großem Maße zum Erfolg von Physikunterricht beitragen kann. Diese Einschätzung findet sich nicht allein in Überzeugungen von Schülerinnen und Schülern selbst (Behrendt 1990; Winkelmann & Erb 2011). Auch Lehrkräfte verbinden mit dem Einsatz von Schülerexperimenten die Hoffnung, eine Vielzahl ihrer Unterrichtsziele im Physikunterricht erreichen zu können (Welzel et al. 1998).

Der vorliegende Artikel beschreibt zunächst das Studiendesign eines Forschungsprojektes, das unter anderem der Frage nachgeht, welchen Einfluss die Schüleraktivität während des Experimentierens auf den Lernzuwachs von Schülerinnen und Schülern hat. Hierfür wird zwischen der Methode des Schülerexperiments und des (Lehrer-) Demonstrationsexperiments unterschieden. Ein weiterer Abschnitt stellt Ergebnisse einer umfangreichen Erhebung aus dem Schuljahr 2012/13 an hessischen Gymnasien vor. Abschließend wird ein Ausblick über den weiteren Verlauf der Studie gegeben.

1. Einleitung

Das vorliegend beschriebene Forschungsprojekt nimmt sich explizit der Frage an, welche Rolle die Aktivität der Schülerinnen und Schüler in der Phase der Experimentplanung und -durchführung auf den Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler hat.

In den naturwissenschaftlichen Didaktiken gibt es bereits vergleichbare Arbeiten, die sich unter anderem mit der Bedeutung des Schülerexperiments auf das Verständnis von Physik befassen haben. Sie liefern zum Teil widersprüchliche Ergebnisse. So konnte Rumann (2005) in der Chemiedidaktik mit dem Einsatz von Experimentierboxen nachweisen, dass das kooperative Arbeiten in Kleingruppen in der Methode der Gruppenrecherche einen die Divergenz mindernden Effekt auf die Leistung von Schülerinnen und Schülern hat. Dabei erzielten leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler einen größeren Leistungszuwachs als leistungsstarke, wobei alle Lernenden dazulernten. Zusätzlich konnten Leistungsvorteile zu Gunsten der Kleingruppen gegenüber dem Frontalunterricht belegt werden. In der Physikdidaktik weist Hopf (2007) dagegen darauf hin, dass der Einsatz von problemorientierten Schülerexperimenten nicht automatisch zu einem verbesserten begrifflichen Verständnis physikalischer Inhalte führt.

2. Studiendesign

Das Forschungsprojekt konzentriert sich auf den Inhaltsbereich der geometrischen Optik. Im Rahmen der Vergleichsstudie wurden insgesamt knapp 500 Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 7 an hessischen Gymnasien nach einem vorgegebenen Unterrichtsskript unterrichtet.

In unserer Vergleichsstudie werden drei Interventionsgruppen mit einander verglichen. Die eine Gruppe erlernt einen neuen physikalischen Inhalt durch die Methode des Schülerexperiments in Kleingruppen, die andere Gruppe durch die Beobachtung von (Lehrer-) Demonstrationsexperimenten. Entscheidend ist, dass beim Demonstrationsexperiment das Gros der Schülerinnen und Schüler einer Person beim Experimentieren zuschaut. Das bedeutet, dass ggf. auch einzelne Schülerinnen oder Schüler als Experimentatoren in Betracht kommen. Da das Demoexperiment naturgemäß stark angeleitet ist, muss auch für das Schülerexperiment aus Gründen der Vergleichbarkeit eine detaillierte Versuchsanleitung („Kochbuch“) stattfinden. Diese wird in schriftlicher Form den Schülerinnen und Schülern zur Verfügung gestellt. Damit bestehen zwei Gruppen, die sich vorrangig in den das Experiment durchführenden Personen unterscheiden.



Abb. 1: Studiendesign mit Interventionsgruppen.

Untersuchungen aus der Lernpsychologie (Mayer 2004) legen nahe, dass Probleme von Lernenden dann besser gelöst werden, wenn diese eine anleitende, nicht zu kleinschrittige Instruktion erhalten. Die Instruktion ist demnach dann am effektivsten, wenn sie einen Mittelweg darstellt zwischen freiem Forschen - also fast gar keiner Anleitung - und einer Anleitung, die den Lösungsweg detailliert vorgibt. Eine solche geführte („guided“), aber zum Nachdenken anregende Instruktion erhält die dritte Gruppe. Damit nehmen wir sowohl theoretisch-konstruktive als auch praktisch-konstruktive Unterrichtstätigkeiten der Schülerinnen und Schüler in den Blick. In Abbildung 1 werden das Design und die drei Treatments zusammenfassend dargestellt.

Die Erhebung ist im Pre-Post Design mit zeitverzögertem Follow-Up-Test angelegt und erstreckt sich über 6 Doppelstunden. In einem Papier- und Bleistifttest wird vor Beginn der Intervention, nach jeder Doppelstunde und nach der gesamten Intervention das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler erhoben. Des Weiteren werden das Interesse an Physik, das Interesse am Schülerexperiment, die Überzeugung zur Lernförderlichkeit des Schülerexperiments und die experimentelle Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen und Schüler erhoben. Während des Pretests bearbeiten die Schülerinnen und Schüler zusätzlich einen allgemeinen Kognitionstest, damit im Nachhinein Aussagen über die Homogenität der Lerngruppen getroffen werden können.

Parallel zu den Schülerinnen und Schülern werden die jeweils unterrichtenden Lehrkräfte gebeten, einen Fragebogen zu ihrer Einstellung zum Experimentieren im Physikunterricht und ihrer tatsächlichen Unterrichtspraxis auszufüllen.

Während der experimentellen Intervention an den Schulen wird darauf geachtet, dass in den drei Schülergruppen innerhalb eines festen Zeitrahmens der gleiche Inhalt gelehrt wird. Um dies sicherzustellen, erhalten die teilnehmenden Lehrkräfte vom Projekt-

leiter einen durchgeplanten Stundenablauf in Form eines Skriptes. Hofstein und Lunetta (2004) weisen darauf hin, dass es sich bei den Lehrkräften nach Möglichkeit um den für die Schülerinnen und Schüler gewohnten Fachlehrer handeln sollte. Damit die Erhebung nicht losgelöst vom eigentlichen Verlauf des Physikunterrichts stattfindet und eine Einbettung der Experimente in das Physikcurriculum möglich wird, ist eine enge Absprache mit den Physiklehrkräften in den Schulen notwendig. Die Experimente werden in einem sinnvollen Kontext mit den bzw. durch die Schülerinnen und Schüler durchgeführt. Eine nähere Beschreibung der einzelnen Experimente findet sich bei Winkelmann (2012).

3. Ergebnisse

3.1 Lernzuwachs zwischen Pre- und Posttest

Der Lernzuwachs zwischen Pretest und Posttest ist für alle drei in den Blick genommenen Gruppen hoch signifikant ($p < .001$). Die Effektgröße reicht von $\eta^2 = .66$ im Treatment des Demoexperiments bis zu einem $\eta^2 = .77$ im „Kochbuch“-Treatment und zeigt damit einen hohen Effekt des Unterrichts.

Nach jeder Doppelstunde wurde zusätzlich ein kurzer Fachwissenstest durchgeführt, der sich speziell auf die in der Unterrichtsstunde behandelten Inhalte bezog. Die Aufgaben des Tests sind Bestandteil des Posttests, so dass alle Kurztests zusammengenommen einen „kumulierten Posttest“ ergeben. Im Vergleich zu Pretest und Posttest sind die Schülerinnen und Schüler hierbei im Mittel noch erfolgreicher. Das lässt den Schluss zu, dass bereits nach 6 Wochen – also zum Zeitpunkt des Posttests – bereits wieder physikalische Inhalte seitens der Schülerinnen und Schüler vergessen werden.

Die beobachtete Varianz zwischen den Lernzuwächsen der einzelnen Treatments ist sehr gering. Es lassen sich zwar signifikante Unterschiede zwischen den Treatments im Hinblick auf den Lernzuwachs errechnen. Dabei zeigt sich, dass insbesondere das „Kochbuch“-Treatment im Vorteil gegenüber den anderen beiden Gruppen ist. Im Vergleich Pre- Posttest schneidet diese Gruppe gegenüber der „guided“-Gruppe mit $p < .007$ und gegenüber der „Demo“-Gruppe sogar mit $p < .004$ hoch signifikant besser ab (Abbildung 2).

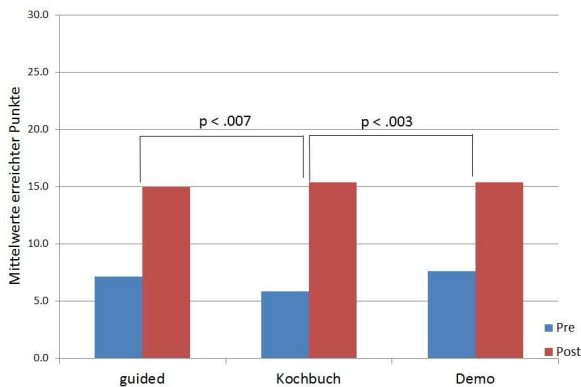


Abb. 2: Vergleich der Fachwissensleistung zwischen Pre- und Posttest.

Im Vergleich Pre- und kumulierter Posttest verkleinert sich dieser Vorteil der „Kochbuch“-Gruppe gegenüber der „guided“-Gruppe ($p < .128$). Es lässt sich mit $p < .004$ nur noch eine Signifikanz für die „Kochbuch“-Gruppe gegenüber der „Demo“-Gruppe errechnen (Abbildung 3).

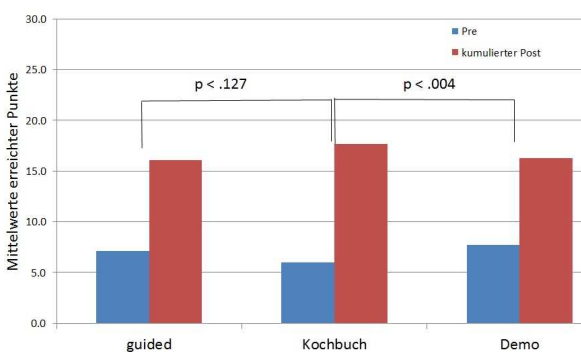


Abb. 3: Vergleich der Fachwissensleistung zwischen Pre- und „kumuliertem“ Posttest.

Die Abbildungen 4 und 5 stellen den Vergleich der Lernzuwächse der beiden Schülerexperimentiergruppen gegenüber der Demoexperimentiergruppe dar. Es zeigt sich in beiden Vergleichen (Pre-Posttest sowie Pre-kumulierter Posttest) ein leichter bis hoher signifikanter Vorteil für das Schülerexperiment ($p_{\text{Pre-Post}} < .048$ und $p_{\text{Pre-kumulierter Post}} < .008$). Allerdings reicht die Effektstärke, die beschreibt, welche praktische Bedeutung die Unterschiede zwischen den Gruppen haben, in allen Vergleichen

lediglich von $\eta^2 = .006$ bis $\eta^2 = .016$. Damit darf der Effekt jeweils als schwach eingeschätzt werden. An dieser Stelle sei zusätzlich darauf hingewiesen, dass die errechneten Signifikanzen aller Voraussicht nach auf das geringere Leistungsniveau der „Kochbuch“-Gruppe im Pretest zurückzuführen sind.

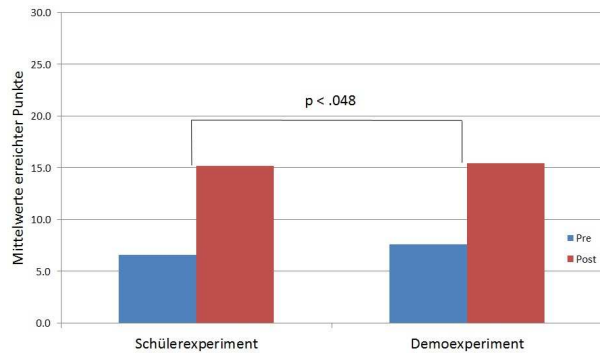


Abb. 4: Vergleich der Fachwissensleistung Schüler- und Demoexperiment zwischen Pre- und Posttest.

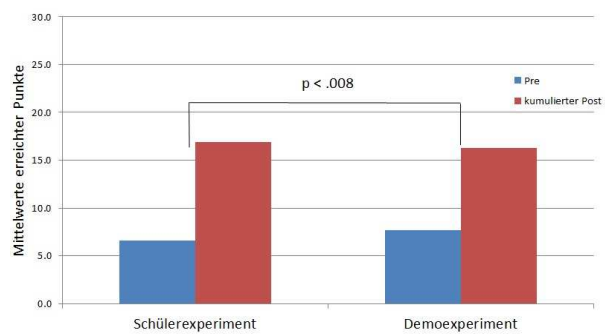


Abb. 5: Vergleich der Fachwissensleistung Schüler- und Demoexperiment zwischen Pre- und kumuliertem Posttest.

3.2 Lernzuwachs von Jungen und Mädchen

Betrachtet man den Lernzuwachs, der während der Intervention erzielt wurde, getrennt nach den Fortschritten von Jungen und Mädchen, zeigt sich die in Abbildung 6 dargestellte Situation.

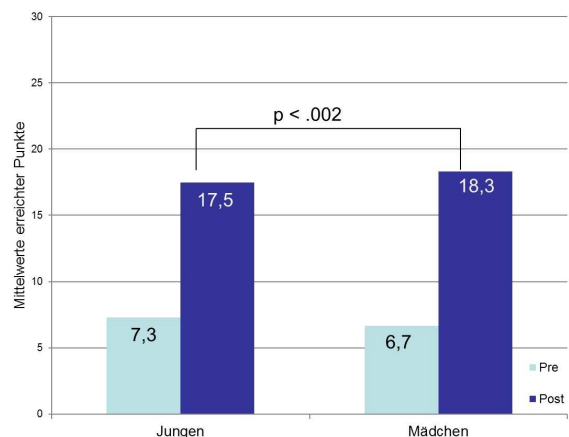


Abb. 6: Vergleich der Fachwissensleistung in Pre- und Posttest von Jungen und Mädchen.

Wird nicht nach Treatments differenziert, lernen die Mädchen hoch signifikant ($p < .002$) erfolgreicher dazu als die Jungen. Dabei starten sie auf einem leicht niedrigeren Level im Pretest und steigern ihre Leistung - sogar in absoluten Zahlen - über die der Jungen hinaus. Hierbei liegt die Effektstärke in einem als groß zu bewertenden Bereich ($\eta^2 = .68$), so dass von einem praktisch bedeutsamen Effekt ausgegangen werden kann.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Interpretiert man die vorgestellten Befunde, so zeigt sich – zumindest für den hier untersuchten Inhaltsbereich der geometrischen Optik –, dass es für den Lernzuwachs praktisch unerheblich ist, ob Schülerinnen und Schüler selbstständig experimentieren oder eine Person beim Experimentieren beobachten.

In den folgenden Monaten werden die erhobenen Daten intensiver analysiert. Dabei wird ein Fokus auf möglichen Unterschieden zwischen leistungsschwächeren und leistungsstärkeren Schülerinnen und Schülern liegen. Die Erfahrung vergleichbarer Arbeiten zeigt, dass sich Unterschiede zwischen den Treatments stärker zu einem Zeitpunkt deutlich nach der Intervention manifestieren. Zurzeit bearbeiten die verschiedenen Schulklassen daher einen Follow-Up-Test, der im Frühjahr 2013 ausgewertet sein wird.

Die Auswertung des Leistungstests soll unter anderem auch mit Hilfe des Raschmodells erfolgen. Mit Hilfe dieses probabilistischen Modells ist es möglich, eine Verbindung zwischen den Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler und etwaigen Komplexitätsstufen (zunächst einzelner Aufgabenschwierigkeiten) herzustellen (Kauertz & Fischer 2006).

Aus didaktischer Sicht ist es neben der Frage, welche Methode Physik gut vermittelt, auch interessant, welche Methode für welchen Schüler geeigneter ist. Daher ist es vorgesehen, auch treatmentbezogene Vergleiche zwischen Jungen und Mädchen zu analysieren. Möglicherweise lassen sich etwaige Unterschiede im Fachwissenszuwachs mit Unterschieden in deren Selbstwirksamkeitserwartung beim Experimentieren erklären. Daten hierzu wurden miterhoben und werden nun ausgewertet.

5. Literatur

- [1] Behrendt, Helga (1991): Physikalische Schulversuche. Didaktische Theorie, methodische Praxis und die Einstellung von Schülern zur Auswahl der Versuchsgeräte. Kiel, Dissertation.
- [2] Hofstein, Avi; Lunetta, Vincent. N. (2004): The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education* 88 (1), 28-54.
- [3] Hopf, Martin (2007): Problemorientierte Schülerexperimente. Logos: Berlin.
- [4] Kauertz, Alexander; Fischer, Hans. E. (2006): Assessing Student's Level of Knowledge and Analysing the Reasons for Learning Difficulties in Physics by Rasch Analysis. In: X. Liu & W. Boone (Hrsg.): Applications of Rasch Measurement in Science Education. Maple Grove, MA: Jam Press, 212-246.
- [5] Mayer, Richard. E. (2004): Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American Psychologist*. 59(1), 14–19.
- [6] Rumann, Stefan (2005): Kooperatives Experimentieren im Chemieunterricht. Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie zur Säure-Base-Thematik. Berlin: Logos.
- [7] Welzel, Manuela; Haller, Kerstin; Bandiera, Milena; Hammelev, Dorte; Koumaras, Panagiotis; Niedderer, Hans; Paulsen, Albert; Robinault, Karine; von Aufschnaiter, Stefan (1998): Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden – Ergebnisse einer europäischen Umfrage. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 4 (1998) 1, S. 29-44.
- [8] Winkelmann, Jan & Erb, Roger (2011): Fachwissenszuwachs durch Schüler- und Lehrerexperimente im gymnasialen Physikunterricht. In: Helmuth Grötzebauch, Volkhard Nordmeier (Hrsg.): PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Münster 2011, Beitrag 15.02.
- [9] Winkelmann, Jan & Erb, Roger (2012): Schüler- und Lehrerexperimente im Optikeingangsunterricht an Gymnasien. In: Helmuth Grötzebauch, Volkhard Nordmeier (Hrsg.): PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Mainz 2012, Beitrag DD 22.3.