

Cornelia Geller
Jonas Schneider
Heike Theyßen

Universität Duisburg-Essen

Finde die Fehler!

Experimentelle Testaufgaben zur Evaluation eines Experimentalpraktikums

Auch wenn die Struktur und Entwicklung professioneller Handlungskompetenzen von Lehramtsstudierenden ein Fokus fachdidaktischer Forschungsprojekte geworden ist (z.B. Sorge et al., 2019, Riese et al., 2015), so finden sich nur wenige Untersuchungen, die auch Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung berücksichtigen (z.B. Straube, 2016; Schödl, 2017). Diese müssen sich zudem der Kritik von Höttecke & Rieß (2015) stellen, die für das naturwissenschaftliche Experimentieren höchst bedeutsame „Fähigkeit zu praktisch-manuellen Verrichtungen“ (ebd., S. 136) nicht zu erfassen. Studien, die sich dieser Herausforderung stellen (z.B. Heidrich, 2017; Bauer, Reinhold & Sacher, 2019), haben dagegen das Problem, dass aufgrund einer aufwendigen Analyse des Experimentierprozesses nicht mit größeren Stichproben gearbeitet werden kann.

Für diese Lücke möchten wir ein Aufgabenformat vorschlagen, das durch eine starke Engführung die Erfassung einer bedeutsamen Fähigkeit zur Durchführung von Experimenten ermöglichen soll.

Funktionsfähiger Aufbau als experimentelle Kompetenzfacette von Studierenden

Im Bereich der Durchführung von Experimenten sehen die Modelle von Schreiber, Theyßen & Schecker (2009) und Nawrath, Maiseyenko & Schecker (2011) das Aufbauen einer Versuchsanordnung bzw. eines funktionsfähigen Versuchs als relevante Teilfähigkeiten von Schülerinnen und Schülern an. Studierende müssen diese Fähigkeiten soweit ausbauen, dass sie diese Aufbauten auch testen und optimieren können, was nach Bauer, Reinhold & Sacher (2019) für das Experimentieren auf universitärem Niveau besonders bedeutsam ist. Nach einer ersten Anordnung von Materialien und Geräten sehen wir insbesondere die Justage, die Verkabelung und die Einstellung von Messgeräten als relevante Teilbereiche an (Tab. 1). Dabei wird der Bereich der „Justage“ weit gefasst und beinhaltet auch ungeeignete oder fehlende Teile im Versuchsaufbau, z. B. eine fehlende Blattfeder beim Versuch zum elastischen Stoß zweier Wagen auf der Luftkissenbahn.

Aufgabenformat: Finde die Fehler!

Die Grundidee für die Aufgabenkonstruktion besteht darin, die Aufbaufähigkeiten indirekt zu erfassen: Dazu wird den Probanden eine experimentelle Vorgehensweise vorgegeben und eine fertig aufgebaute Versuchsanordnung präsentiert. Die Probanden erhalten die Information, dass diese Versuchsanordnung Fehler enthält, und den Auftrag, diese zu finden und zu beheben. Das Format wurde im Rahmen einer Masterarbeit entwickelt und erprobt (Schneider, 2019). Dahinter steckt die (noch zu prüfende) Annahme, dass der Erfolg bei der Suche standardisierter Fehler (Beispiele Tab. 1) in einem Aufbau mit dem Erfolg bei selbst generierten Fehlern im Aufbau zusammenhängt.

In den Aufgabenstellungen wird die Anzahl der Fehler nicht benannt, aber das Ziel des Experiments sowie notwendige Fachwissenselemente, um den Effekt dieser potenziellen Einflussgröße möglichst gering zu halten.

Die Notation der Fehler erfolgt durch die Studierenden in Stichworten auf Protokollbögen, die Korrektur direkt an der Versuchsanordnung. Die Testleitenden beurteilen anhand der (modifizierten) Versuchsanordnung für jeden Fehler, ob er korrigiert wurde oder nicht und versetzen sie dann für den nächsten Probanden in den Ursprungszustand zurück.

Teilbereich	Beispiel für Fehler in Versuchsanordnung
Justage	Position der Lichtschranke ist zu hoch, um Rollwagen zu erfassen.
Verkabelung	Amperemeter ist in einen Zweig des Stromkreises eingebaut, so dass es nicht wie gefordert die Gesamtstromstärke misst.
Einstellung von Messgeräten	Messrate ist zu gering, um die Periodendauer des Federpendels abzu- lesen.

Tab. 1: Teilbereiche beim Aufbau und Beispiele für Fehler

Die eingebauten Fehler werden als separate Items betrachtet und zweistufig bewertet. Pro Item wird ein Punkt vergeben für das Notieren des Fehlers und es werden zwei Punkte vergeben für dessen Korrektur (unabhängig davon, ob der Fehler auch notiert wurde). Items, bei denen der Fehler weder notiert, noch korrigiert wurde, werden mit 0 Punkten bewertet.

Stichprobe

Das Aufgabenformat wurde mit 29 Lehramtsstudierenden am Ende eines Experimentalpraktikums mit fachmethodischem Fokus („Werkzeuge im Physikunterricht“, siehe Kirchner & Geller, eingereicht) erprobt. Anders als in üblichen Experimentalpraktika (vgl. Nagel, Scholz & Weber, 2018) wurde dabei auf die Vermittlung fachinhaltlicher Grundlagen weitgehend verzichtet und dafür ein Schwerpunkt auf die eigenständige Planung und Durchführung von Experimenten gelegt. Die Studierenden waren überwiegend im dritten Semester und hatten teilweise bereits klassische Experimentalpraktika absolviert.

Erprobung

Für die Erhebung wurden fünf Versuchsanordnungen (Beispiel siehe Abb. 1) für die im Praktikum behandelten Themenbereiche Mechanik und E-Lehre entwickelt, in die insgesamt 18 Fehler (Items) eingebaut wurden. Pro Versuchsanordnung hatten die Studierenden 10 min Zeit, um die von ihnen identifizierten Fehler auf den Protokollbögen zu notieren und an der Versuchsanordnung zu korrigieren. Die Zeitvorgabe hat sich dabei als eher nicht limitierend erwiesen.

Die Kodierung der notierten und korrigierten Fehler gelingt mit sehr guter Beurteilerübereinstimmung.

Nach Ausschluss von sechs Items aufgrund mangelnder Trennschärfe lässt sich eine Skala mit 12 Items (7 Mechanik, 5 E-Lehre) bilden, die mit Cronbach's $\alpha = .74$ als ausreichend konsistent angesehen werden kann. Die Trennschärfe aller 12 Items liegt über .020.

Zusätzlich wurden die Studierenden anhand des PraQ-Fragebogens von Rehfeldt (2017) um eine Selbsteinschätzung ihrer Lernzuwächse im Experimentalpraktikum gebeten. Dieser beinhaltet eine Skala „Versuchsanordnungen aufbauen“, die auch den Umgang mit Aufbaufehlern thematisiert.

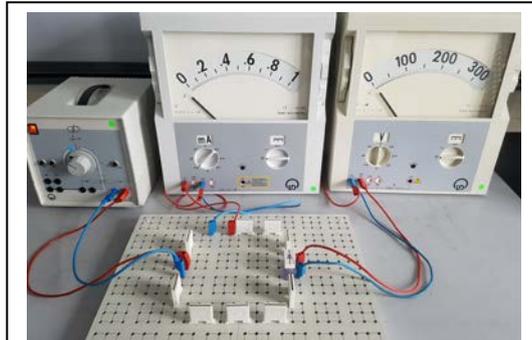


Abb. 1: Versuchsanordnung zur Aufnahme einer Diodenkennlinie mit Fehlern im Bereich der Schaltung und Einstellung von Messgeräten

Ergebnisse

Die Punkteverteilung in den Finde die Fehler!-Aufgaben ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Studierenden ($N = 29$) schnitten im Mittel mit 16 von 24 möglichen Punkten ab ($SD = 5$; $Min = 6$; $Max = 24$). Die Punkte ($D(29) = 0.165$, $p < .05$) sind signifikant nicht-normalverteilt.

Zwischen der Punktzahl bei den Finde die Fehler!-Aufgaben und dem selbst eingeschätzten Lernzuwachs im „Versuchsanordnungen aufbauen“ findet sich keine Korrelation.

Diskussion und Ausblick

Die Finde die Fehler!-Aufgaben lassen sich für eine reliable und differenzierte

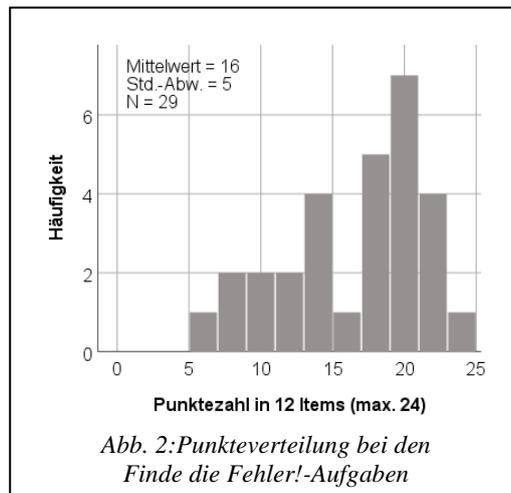
Messung einer Facette experimenteller Kompetenz von Studierenden nutzen, wobei eine weitere Validierung (z.B. über Prozessanalysen und Expertenbefragungen) und Optimierung der Aufgaben noch aussteht. So spricht die Verteilung mit einem Mittelwert bei 2/3 der Maximalpunktzahl dafür, dass die Aufgaben prinzipiell für eine Prä-Post-Erhebung in den Anfängerpraktika geeignet sind. Gleichzeitig scheint eine Ausweitung auf höhere Niveaustufen und Differenzierung in weitere Teilbereiche sinnvoll.

Auch bilden die Aufgaben nur einen schmalen Ausschnitt experimenteller Fähigkeiten ab, wobei sich das Format prinzipiell auch auf weitere Facetten anwenden ließe.

Dass in der Studie von Schödl (2017) eine ganz ähnliche Aufgabe zu Aufbaufehlern von Schülern (S. 42) zur Erhebung von Wissen über Messen und Experimentieren genutzt wurde, welches zunächst als fachdidaktische Facette angelegt war und erst im Nachhinein dem Fachwissen zugeordnet wurde, lässt sich aber auch als Hinweis deuten, dass die Abgrenzung fachmethodischer und fachdidaktischer Aspekte beim Experimentieren in weiteren Arbeiten diskutiert werden sollte.

Dass kein Zusammenhang zwischen Selbsteinschätzung des Lernzuwachses und objektiv bewerteter experimenteller Fähigkeit zu beobachten ist, kann zunächst methodische Gründe haben und spricht nicht gegen die neu entwickelten Aufgaben. So haben die Studierenden ihren Lernzuwachs und nicht ihren absoluten Kompetenzstand eingeschätzt, der mit den Finde die Fehler!-Aufgaben (zumindest in einem Teilaspekt) erhoben wurde. Da Studierende anders als bei Fachwissensaufgaben wenig quantitatives Feedback auf ihre Performanz beim Experimentieren bekommen, könnte auch eine Unsicherheit in dem internen Maßstab zu Selbsteinschätzung liegen.

Im Weiteren soll daher auch die Selbstwirksamkeitserwartung als relevante Einflussgröße (Rabe, Meinhardt & Krey, 2012) untersucht werden, wobei für das Experimentieren auf universitärem Niveau noch kein Instrument auf einem Qualitätslevel vorliegt, wie es für die physikdidaktische Selbstwirksamkeitserwartung belegt wurde (Meinhardt, Rabe & Krey, 2018). Insgesamt scheint die (Weiter-)Entwicklung entsprechender Instrumente notwendig, damit über eine längsschnittliche Untersuchung der Fähigkeiten und Einstellungen zum Experimentieren im Lehramtsstudium – wie sie auch Bauer, Reinhold & Sacher (2019) vorschlagen – einzelne Bestandteile der Ausbildung besser aufeinander abgestimmt werden können.



Literatur

- Bauer, A. B., Reinhold, P., Sacher, M. (2019). Erhebung der experimentellen Performanz (Physik-)Studierender. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (S.632–635). Regensburg: Universität Regensburg.
- Heidrich, J. (2017). Erfassung von Experimentierkompetenz im universitären Kontext. Entwicklung und Validierung eines Experimentiertests zum Themenbereich Optik. Kiel.
- Höttecke, D. & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 127-139.
- Kirchner, S. & Geller, C. (eingereicht). Umgang mit analogen und digitalen Werkzeugen beim Experimentieren. In Thyssen, C. & Becker, S., *Digitale Basiskompetenzen in der Lehramtsausbildung* (Arbeitstitel). Hamburg: Joachim-Herz-Stiftung.
- Meinhardt, C., Rabe, T. & Krey, O. (2018). Formulierung eines evidenz-basierten Validitätsarguments am Beispiel der Erfassung physikdidaktischer Selbstwirksamkeitserwartungen mit einem neu entwickelten Instrument. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 131-150.
- Nagel, C., Scholz, R. & Weber, K.-A. (2018). Umfrage zu Lehr/Lernzielen in physikalischen Praktika. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 97-109.
- Nawrath, D., Maiseyken, V. & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz – Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 60(6), 42-48.
- Rabe, T., Meinhardt, C. & Krey, O. (2012). Entwicklung eines Instruments zur Erhebung von Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 293–315.
- Rehfeldt, D. (2017). Erfassung der Lehrqualität naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika. Berlin: Logos.
- Riese, J., Kulgemeyer, C., Zander, S., Borowski, A., Fischer, H. E., Gramzow, Y., Reinhold, P., Schecker, H. & Tomczyszyn, E. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. In S. Blömeke & O. Zlatkin-Troitschanskaia, *Kompetenzen Studierender*. Weinheim u.a. : Beltz Juventa, 55-79.
- Schneider, J. (2019). Experimentelle Fähigkeiten von Physikstudierenden erfassen. Entwicklung und Erprobung von Aufgaben zum funktionsfähigen Aufbau von Experimenten. Masterarbeit Universität Duisburg-Essen.
- Schödl, A. (2017). FALKO-Physik – Fachspezifische Lehrerkompetenzen im Fach Physik. Berlin: Logos.
- Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen? *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 8(3), 92-101.
- Sorge, S., Keller, M., Neumann, K. & Möller, J. (2019). Investigating the relationship between pre-service physics teachers' professional knowledge, self-concept, and interest. *Journal of research in science teaching*, 1-19.
- Straube, P. (2016). Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-)Studierenden im Fach Physik. Berlin: Logos-Verlag.