

Benjamin Groß¹
 Jan-Philipp-Burde¹
 Augustin Kelava¹
 Judith Glaesser¹
 Lana Ivanjek²
 Salome Wörner³

¹Universität Tübingen
²TU Dresden
³LMU München

Entwicklung eines dreistufigen Testinstruments zur Elektrizitätslehre

In der Elektrizitätslehre stellen bereits die grundlegenden Konzepte im Kontext einfacher Gleichstromkreise viele Lernende vor große Herausforderungen (z. B. Burde, 2018). Dies betrifft sowohl Schülerinnen und Schüler als auch Studierende und insbesondere Lehramtsstudierende der Physik (McDermott & Shaffer, 1992). Oftmals sind diese Lernschwierigkeiten auf eine Reihe sogenannter Schülervorstellungen zurückzuführen, welche sich robust gegenüber Veränderung durch Elektrizitätslehre-Unterricht zeigen (Schecker & Wilhelm, 2018). Fachwissen und fachdidaktisches Wissen sind für Lehrkräfte jedoch zentrale Facetten der professionellen Handlungskompetenz – insbesondere hängt das fachdidaktische Handlungsrepertoire vom Grad des konzeptionellen Verständnisses ab (Riese & Reinhold, 2010). Fachdidaktisches Wissen umfasst weiterhin das Wissen um die Vorstellungen, die Lernende in den Unterricht mitbringen können. Das Testinstrument bildet die diagnostische Grundlage, um Studierenden Rückmeldung über ihre gegebenenfalls noch vorhandenen falschen Vorstellungen zu geben und weiterhin Dozierenden zu ermöglichen, diese auch in der universitären Lehre zu berücksichtigen. Auf Basis der Testergebnisse können perspektivisch adaptive Unterstützungsangebote im Studium geschaffen werden, um Lehramtsstudierende forschungsbasiert dazu zu qualifizieren, die Elektrizitätslehre lernwirksamer zu unterrichten.

Hintergrund & Projektziele

Die Schülervorstellungen, welche den physikalischen Konzepten bezüglich einfacher Gleichstromkreise zuzuordnen sind, stellen die Konstrukte dar, die durch das zu entwickelnde Testinstrument abgedeckt werden sollen und z. B. in Schecker & Wilhelm (2018) ausführlich dokumentiert sind. Bezüglich des Konzepts „elektrischer Strom“ sind dies insbesondere die Stromverbrauchsvorstellung, die zum Teil als Folge einer unzureichenden Trennung zwischen Strom- und Energiebegriff seitens der Lernenden angesehen wird. Studierende haben Probleme mit dem funktionalen Verständnis eines geschlossenen Stromkreises sowie mit der Konstanz des Stroms in unverzweigten Stromkreisen mit mehreren Batterien (Stetzer et al., 2013). Weit verbreitet ist auch die Vorstellung, eine Batterie sei unabhängig von der angeschlossenen Schaltung die Quelle eines konstanten Stroms. Darüber hinaus können viele Lernende die Begriffe „elektrische Spannung“ und „elektrischer Strom“ nicht konzeptionell unterscheiden, oftmals wird die Spannung als Eigenschaft des Stroms angesehen. Schwierigkeiten bereitet auch der Systemcharakter elektrischer Stromkreise – vielfach wird eine lokale oder sequentielle Argumentationsweise bemüht, bei welcher der Strom der Reihe nach durch die einzelnen Schaltungselemente verfolgt wird. Dabei wird etwa davon ausgegangen, dass der Strom sich an Knotenpunkten immer hälftig aufteilt bzw. Änderungen im Stromkreis nur Auswirkungen für in Stromrichtung nachfolgende Elemente bedeuten.

Hinweise auf das Vorliegen der genannten Vorstellungen auch bei Studierenden konnten einerseits in den bereits genannten Studien und andererseits auf Basis vorliegender Daten von Studienanfängerinnen und -anfängern der Physik, die mit Hilfe des zweistufigen Testinstruments nach Ivanjek et al. (2021) erhoben wurden, gefunden werden.

Die ersten Testinstrumente zur empirischen Erforschung von Schülervorstellungen zur Elektrizitätslehre (v. a. Rhöneck, 1986) leisteten zwar wichtige Pionierarbeit, enthalten jedoch nur wenige Items zu den grundlegenden Vorstellungen und sind psychometrisch noch unausgereift (Zitzelsberger & Rabe, 2011). Einen großen Fortschritt stellt das umfassend validierte Testinstrument von Engelhardt & Beichner (2004) dar. Es richtet sich auch an die Zielgruppe der Studierenden und umfasst viele Konzepte bezüglich einfacher Gleichstromkreise, aufgrund der Einstufigkeit der Items ist jedoch eine reliable Identifikation von Schülervorstellungen aus dem reinen Antwortmuster schwierig. Zweistufige Items, wie sie zum Beispiel bei Urban-Woldron & Hopf (2012) oder bei Ivanjek et al. (2021) zum Einsatz kommen und eine Antwort und eine Begründung von den Befragten verlangen, ermöglichen zwar bereits, das Vorliegen einiger gängiger Schülervorstellungen reliabel zu identifizieren. Die beiden letztgenannten Testinstrumente richten sich dabei jedoch primär an Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I. Ebenfalls adressieren sie noch nicht die komplette Bandbreite der physikalischen Konzepte bezüglich elektrischer Gleichstromkreise und der zugehörigen Vorstellungen bzw. sind auf einzelne Teilkonzepte fokussiert.

Überblickend lässt sich zum Stand der Forschung feststellen, dass es noch kein Testinstrument zu einfachen Stromkreisen gibt, welches...

- das Konzeptverständnis in der Breite erfasst;
- Schülervorstellungen reliabel diagnostizieren kann;
- eine gute Passung zwischen Itemschwierigkeit und Personenfähigkeit aufweist;
- sich vor allem an Lernende an der Universität (und Oberstufe) richtet und
- allgemeinen psychometrischen Gütekriterien genügt.

Hieraus leiten sich die Zielsetzungen für das vorliegende Projekt zur Entwicklung des neuen Testinstruments ab.

Darüber hinaus soll im Rahmen des Projektes untersucht werden, inwiefern die diagnostizierten Vorstellungen auf fest verwurzelte kognitive Strukturen im Sinne einer Art Rahmentheorie („Knowledge as Theory“, vgl. Vosniadou & Skopeliti, 2013) und somit auf stabile Fehlvorstellungen zurückgehen oder von den Befragten in der Testsituation spontan, etwa auf Basis sogenannter p-prims („phenomenological primitives“), generiert werden („Knowledge in Pieces“, vgl. di Sessa, 1993). Bisherige Erkenntnisse deuten eher auf letzteres hin, da trotz der starken Verbreitung und zeitlichen Stabilität der Schülervorstellungen eine sehr hohe Kontextabhängigkeit beobachtet wird. Dies äußert sich darin, dass die Vorstellungen über verschiedene inhaltlich vergleichbare Items hinweg nicht konsistent vertreten werden. Hasan et al. (1999) schlagen vor, dass die Sicherheit, mit der die Befragten ein Item beantworten, in engem Zusammenhang mit dem Vorhandensein einer ggf. durch die Antwort implizierten Fehlvorstellung steht. Jedoch scheint dieser Zusammenhang nicht für alle physikalischen Kontexte zu gelten, so konnte etwa von Hull & Hopf (2022) für Vorstellungen bezüglich der Radioaktivität keine Korrelation zwischen Konsistenz der Antworten und angegebener Sicherheit gefunden werden. Eine analoge Untersuchung soll die Entwicklung des Testinstruments zur Elektrizitätslehre begleiten und mit Hilfe der neu entwickelten dreistufigen Items sollen Erkenntnisse zur Übertragbarkeit der o. g. Ergebnisse

auf die Elektrizitätslehre gewonnen werden. Eine signifikante Korrelation zwischen Sicherheit und Konsistenz bei einzelnen Vorstellungen verspräche zudem eine Reduktion der nötigen Testlänge des dreistufigen Testinstruments, da solche Vorstellungen nicht mehr in mehreren Items abgebildet werden müssten.

Item-Entwicklungsprozess & Methoden

Im Testentwicklungsprozess wurden zunächst die zu erhebenden Konstrukte definiert – hier also die relevanten physikalischen Konzepte und die zugehörigen Vorstellungen auf Basis der bisherigen Schülervorstellungsforschung. Mit Hilfe bereits vorliegender Daten von Studienanfängerinnen und -anfängern der Physik, die mit Hilfe des zweistufigen Testinstruments nach Ivanjek et al. (2021) erhoben wurden, wurde einerseits die Schwierigkeit der Testitems und andererseits die Verbreitung der unterschiedlichen Schülervorstellungen bei Studierenden analysiert. Einige Vorstellungen wurden von Studierenden kaum noch vertreten, sodass diese keine gesonderte Berücksichtigung im Testinstrument mehr finden werden und stattdessen bisher weniger untersuchte Aspekte, z. B. zu Energieumsätzen in Stromkreisen, in den Blick genommen werden können. Die Items bestehender und frei verfügbarer Testinstrumente (s. o.) wurden gesichtet und auf ihre Eignung zur Messung der intendierten Konstrukte geprüft, um sie ggf. in adaptierter Form im zu entwickelnden Testinstrument nutzen zu können. Je nach Notwendigkeit werden neue Items entwickelt, etwa um neue Konstrukte zu operationalisieren oder im Hinblick auf die Zielgruppe ein passendes und möglichst breites Spektrum an Aufgabenschwierigkeiten abzudecken.

Die anschließend geplanten Interview-Studien leisten einen entscheidenden Beitrag zur Validierung des Testinstruments (vgl. Brandt & Moosbrugger, 2020). Dabei werden die Items zunächst in ein offenes Frageformat überführt und anschließend in qualitativen, halbstrukturierten Interviews mit Studienanfängern die Fragestellungen der entwickelten Items auf Verständlichkeit geprüft. Hierbei kann die Methode des Lauten Denkens helfen, zu überprüfen, ob die Befragten in intendierter Weise über die Aufgabenstellungen nachdenken. Ebenfalls sollen im Rahmen dieser Interviews insbesondere für neu entwickelte Items Distraktoren gewonnen werden. Durch Befragungen von Expertinnen und Experten wird die inhaltliche Eignung der Items zur Messung der Konstrukte sichergestellt.

Ausblick

Nach Abschluss der Item-Entwicklung soll die vorläufige Testversion in einer Pilotierungsstudie quantitativ evaluiert und in ggf. mehreren Zyklen überarbeitet werden. Bereits im Rahmen dieser Pilotstudie kann wie oben ausführlich beschrieben die Korrelation zwischen der Konsistenz der diagnostizierten Vorstellungen und der Sicherheit der Befragten untersucht und die Ergebnisse in den weiteren Entwicklungsprozess einbezogen werden.

Die finale Testversion soll abschließend im Rahmen einer Erhebungsstudie eingesetzt werden, um u. a. die psychometrischen Eigenschaften des Testinstruments zu untersuchen.

Literatur

- Brandt, H. & Moosbrugger, H. (2020). Planungsaspekte und Konstruktionsphasen von Tests und Fragebogen. In Moosbrugger, H. & Kelava, A. (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Burde, J.-P. (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. Berlin: Logos-Verlag (259).
- diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10(2–3), 105–225
- Engelhardt, P. & Beichner, R. (2004). Students' Understanding of Direct Current Resistive Electrical Circuits. *American Journal of Physics*, 72(1), 98-115
- Hasan, S., Bagayoko, D. & Kelley, E. L. (1999). Misconceptions and the certainty of response index (CRI). *Phys. Educ.*, 34(5), 294.
- Hull, M. M., Jansky, A. & Hopf, M. (2022). Does confidence in a wrong answer imply a misconception?. *Physical Review Physics Education Research*, 18(2).
- Ivanjek, L. et al. (2021). Development of a two-tier instrument on simple electric circuits. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2), 1-15
- Stetzer, M., van Kampen, P., Shaffer, P. S. & McDermott, L. C. (2013). New insights into student understanding of complete circuits and the conservation of current, *American Journal of Physics*, 81, 134-143
- McDermott, L. C. & Shaffer, P. S. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics*, 60 (11), 994–1013
- Rhöneck, C. v. (1986). Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. *Naturwissenschaften im Unterricht-Physik*, 34(13), 108-112
- Riese, J. & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16(1), 167-187
- Schecker, H. & Wilhelm, T. (2018). Schülervorstellungen zum elektrischen Stromkreis. In Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.) (2018) *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*, 115-138. Berlin: Springer-Spektrum.
- Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2012). Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 201-227
- Vosniadou, S. & Skopeliti, I. (2013). Conceptual Change from the Framework Theory Side of the Fence. *Science & Education*, 23(7), 1427–1445
- Zitzelsberger, S., & Rabe, T. (2011). Eine Analyse des Rhöneck-Tests. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Potsdam 2010*, 217–219. Berlin: LIT Verlag.