

Lana Ivanjek¹
 Martin Hopf¹
 Jan-Philipp Burde²
 Thomas Wilhelm²
 Liza Dopatka³
 Verena Spatz³
 Thomas Schubatzky⁴
 Claudia Haagen-Schützenhöfer⁴

¹Universität Wien
²Goethe-Universität Frankfurt
³Technische Universität Darmstadt
⁴Karl-Franzens-Universität Graz

Entwicklung eines Testinstruments zum einfachen Stromkreis

Hintergrund

Der einfache Stromkreis ist ein üblicher Bestandteil des Curriculums der Sekundarstufe I. Forschungsergebnisse zeigen aber, dass die Elektrizitätslehre, vor allem der Begriff der Spannung, eine große Herausforderung für viele Schüler/innen darstellt. Das ist sowohl nach dem Elektrizitätslehreunterricht am Ende der Sekundarstufe I der Fall, als auch auf universitärem Niveau. Die Forschungsarbeiten u.a. von McDermott & Shaffer (1992), und Rhöneck (2011) konnten zeigen, dass die folgenden Schülervorstellungen von Lernenden oftmals vertreten werden: elektrischer Strom als Substanz, Stromstärke als primäres Konzept, fehlende Differenzierung von Spannung und Strom, Batterie als konstante Stromquelle, Stromverbrauchsvorstellung, inverse Widerstandsvorstellung, sequentielle Argumentation, Abhängigkeit der Stromstärke von der Entfernung zur Batterie, lokales Denken und Probleme mit der topologischen Struktur von Stromkreisen.

Um den Elektrizitätslehreunterricht in der Sekundarstufe I zu verbessern, wird ein groß angelegtes Design-Based-Research Projekt in Bayern, Hessen, Wien/Niederösterreich und der Steiermark durchgeführt. Das Ziel des Projektes besteht sowohl in der forschungsgeleiteten Entwicklung von didaktisch fundierten Unterrichtszugängen zur Elektrizitätslehre als auch in der empirisch-quantitativen Evaluation ihrer Erfolgsbedingungen. Grundlage hierfür ist das in Frankfurt entwickelte Unterrichtskonzept auf Basis des Elektronengasmodells (Burde et al., 2014; Burde, 2018) und ein kontextorientiertes Unterrichtskonzept, das die Interessen der Mädchen in besonderem Maße berücksichtigt, sowie ein kontextorientiertes Unterrichtskonzept auf Basis des Elektronengasmodells. Im Rahmen der internationalen Studie soll dann u.a. der Einfluss des Elektronengasmodells, der Kontextorientierung und einer Kombination von beiden auf das konzeptionelle Verständnis sowie auf affektive Merkmale untersucht werden. Um die Einflüsse dieser Interventionen auf den fachlichen Lernerfolg messen zu können, wurde ein zweistufiges Testinstrument zum einfachen Stromkreis konstruiert. Der Vorteil der Zweistufigkeit besteht insbesondere darin, dass die Kombination von Antwort (erste Stufe) und Begründung (zweite Stufe) die Diagnose von gut dokumentierten Schülervorstellungen erlaubt.

Testentwicklung

In der ersten Phase (September und Oktober 2017) wurden neun halbstrukturierte Interviews mit Schülern/innen im Alter von 14 bis 15 Jahren zum einfachen Stromkreis durchgeführt. Die Interviews dauerten zwischen 17 und 48 Minuten und wurden transkribiert, analysiert, in kurze Aussagen zusammengefasst und kodiert, um aus den Antworten der Interviews Distraktoren für die neuen Testitems bilden zu können.

Basierend auf den Resultaten der Interviews und auf bekannten Schülervorstellungen wurde in der zweiten Phase eine erste Version eines zweistufigen Testinstruments konzipiert. 228 Schüler/innen aus der 8. bzw. 9. Jahrgangsstufe in Wien/Niederösterreich, Frankfurt und Graz

nahmen an der Pilotierung teil, die im Dezember 2017 stattfand. Die erste Version des Tests bestand aus 32 zweistufigen Testitems, die in zwei Testhefte aufgeteilt und über zehn gemeinsame Items verankert wurden.

Basierend auf den Ergebnissen dieser Pilotierung wurde der Test überarbeitet. Die neue Version wurde bisher von 1035 Schüler/innen in Österreich und Deutschland im April und Mai 2018 nach einem traditionellen Unterricht bearbeitet (Burde et al., 2019). Insgesamt nahmen 51 Schulklassen an der Testung teil. Die Schüler/innen befanden sich in der 7. Jgst., mit Ausnahme von drei hessischen Klassen, die sich in der 8. Jgst. befanden. Diese Endversion des Tests besteht aus 30 zweistufigen Testitems, die in zwei Testhefte aufgeteilt und über zwölf gemeinsame Items verankert wurden. Jedes Testheft besteht somit aus 21 Fragen.

Der Test deckt fünf Konzepte zum einfachen Stromkreis ab. Einige Fragen überprüfen, ob die Schüler/innen offene und geschlossene Stromkreise unterscheiden können. Gefragt wird auch, ob sie erkennen, dass ein Stromkreis geschlossen sein muss, damit eine Glühlampe leuchtet. Andere Fragen beschäftigen sich mit dem Konzept der Stromstärke und hier insbesondere damit, wie groß die Stromstärke vor und nach einem Widerstand ist. Andere Items fragen, was in einem Stromkreis passiert, wenn man den Widerstand vergrößert oder verkleinert. Ebenso wird erfragt, ob Schüler/innen zwischen Serien- und Parallelschaltungen unterscheiden können. Als letztes Konzept wird das Verständnis der Spannung erfragt. Die Fragen der einzelnen Blöcke sind in den Testheften durchmischt und nicht nach Konzepten angeordnet. Abbildung 1 zeigt ein Item zum Konzept Spannung.

Item 13		Der abgebildete Stromkreis besteht aus einer 6 V Batterie und zwei 6 V Glühlampen.	
a)		Welche Spannung liegt zwischen den Anschlüssen von Glühlampe 1 (U_{14}), bzw. Glühlampe 2 (U_{23}) an?	
A	<input type="checkbox"/>	$U_{14} = U_{23} = 6 \text{ V}$	
B	<input type="checkbox"/>	$U_{14} = 6 \text{ V}$ und $U_{23} < 6 \text{ V}$	
C	<input type="checkbox"/>	$U_{23} = U_{34} = 2 \text{ V}$	
D	<input type="checkbox"/>	$U_{14} = U_{23} = 3 \text{ V}$	
b)		Warum? Wähle jene Aussage aus, die am besten zu deiner Begründung passt.	
A	<input type="checkbox"/>	Die Spannung nimmt mit zunehmendem Abstand von der Batterie ab.	
B	<input type="checkbox"/>	Die gesamte Spannung der Batterie teilt sich gleichmäßig auf beide Glühlampen auf.	
C	<input type="checkbox"/>	Die Spannung der Batterie liegt an beiden Glühlampen an, da beide direkt an der Batterie angeschlossen sind.	
D	<input type="checkbox"/>	Ein Teil der Spannung der Batterie liegt an den Drähten im Stromkreis an und der Rest der Spannung liegt gleichmäßig verteilt an den Glühlampen an.	

Abb. 1: Item zum Konzept „elektrische Spannung“

Erste Ergebnisse

Bereits durch die Interviews wurden viele schon bekannte Schülervorstellungen bestätigt. Besonders fünf davon kamen häufig vor:

- Spannung hängt von der Entfernung zur Batterie ab.
- Spannung wird verbraucht.
- Spannung und Strom werden synonym verwendet.
- Spannung ist gleichmäßig im Stromkreis verteilt.
- Serien- und Parallelschaltungen werden verwechselt.

Alle befragten Schüler/innen hatten deutliche Probleme mit dem Verständnis der Elektrizitätslehre, obwohl das Thema im Unterricht bereits behandelt wurde. Die Schülervorstellungen haben einander oft auch überlagert. Das bedeutet, dass in einer Antwort immer wieder mehrere konzeptionelle Verständnisschwierigkeiten gleichzeitig erkennbar waren. Wie am unten dargestellten Beispiel deutlich wird, nimmt Schüler IP6 beispielsweise an, dass eine Glühlampe die Spannung verbraucht, aber auch dass die Spannung die Glühlampe durchfließen würde.

„IP6: Ach so, ähm. Je nachdem, wie viel die Glühlampe verbraucht, (würde dableiben).“

I: Ok.

IP6: Das heißt, es würde zirka 2-4V durchfließen.

I: Die Spannung würde durchfließen?

IP6: Ja.“

Bis jetzt wurden 357 Testhefte des endgültigen Tests analysiert. Es wurden zwei unterschiedliche Analysen durchgeführt: In der ersten Variante wurden sowohl die Antworten als auch die Begründungen als eigenständige Fragen aufgefasst. In der zweiten Variante wurde anhand eines Partial-Credit Modells ausgewertet, bei der die SchülerInnen einen Punkt für die richtige Antwort (oder eine richtige Begründung) und zwei Punkte für die richtige Kombination aus Antwort und Begründung erhielten. Anschließend wurde eine Rasch-Analyse mithilfe des WINSTEPS-Programms (Linacre und Wright 1993; Linacre 1994) durchgeführt. Es zeigte sich, dass der Test zufriedenstellend funktioniert, da er eine hohe Item-Reliabilität von 0,98 sowie eine Personen-Reliabilität von 0,76 für getrennte Punktebewertung und 0,63 für gemeinsame Punktebewertung aufweist.

Aus den raschskalierten Item-Schwierigkeiten wurden durchschnittliche Schwierigkeiten für die oben beschriebenen Konzepte berechnet, wie sie in Abb. 2 dargestellt sind (Offener/Geschlossener Stromkreis, Stromstärke, Widerstand, Parallel/Serienschaltung, Spannung). Man kann erkennen, dass die Spannung das schwierigste Konzept ist, während das Erkennen eines geschlossenen Stromkreises am einfachsten ist.

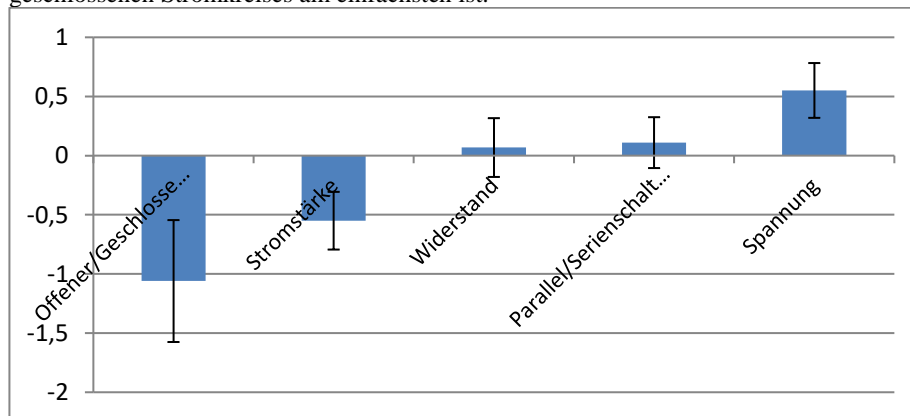


Abb. 2: Durchschnittliche Schwierigkeiten. Die Fehlerbalken CE zeigen die kombinierten Unsicherheiten: $CE = (SEM^2 + SE^2)^{1/2}$,
(SEM: Standardfehler des Mittelwertes; SE: Standard-Rasch-Fehler)

Ausblick

Es wurde ein zweistufiger Test zu einfachen Stromkreisen entwickelt, der sich für die Identifikation von domänenspezifischen Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten eignet. Als nächstes ist geplant, weitere Testhefte auszuwerten und weitere Analysen durchzuführen. Insbesondere sollen einzelne Antwortkombinationen mit bekannten Schülervorstellungen verknüpft werden, um zu analysieren, wie oft bestimmte Schülervorstellungen vorkommen.

Literatur

- Burde, J.-P. (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. Studien zum Physik- und Chemie-lernen, Band 259, Logos-Verlag, Berlin
- Burde, J.-P.; Wilhelm, T. & Wiesner, H.(2014). Das Elektronengasmodell in der Sekundarstufe I. In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.
- Burde, J.-P.; Wilhelm, T.; Dopatka, L.; Spatz, V.; Ivanjek, L.; Hopf, M.; Schubatzky, T. & Haagen-Schützenhöfer, C. (2019). Vergleich des Lernerfolges im traditionellen E-Lehre Unterricht. In: Maurer, Chr. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018, Band 39, 2019
- Linacre, J. M. & Wright, B. D. (1993). A user's guide to BIGSTEPS. Rasch-model computer program. Chicago: MESA Press.
- Linacre, J. M. (1994). Many-facet Rasch measurement. 2. ed. Chicago: MESA Press.
- 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. In: American Journal of Physics 60 (11), S. 994–1002. DOI: 10.1119/1.17003.
- Rhôneck, C. v. (2011). Vorstellungen vom elektrischen Strom und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. In: Müller, R. (Hg.): Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner. Unter Mitarbeit von Hartmut Wiesner. 3. unveränd. Aufl. Köln: Aulis-Verl. Deubner, S. 167–171.