

Jan-Philipp Burde¹
 Thomas Wilhelm²
 Thomas Schubatzky³
 Claudia Haagen-Schützenhöfer³
 Liza Dopatka⁴
 Verena Spatz⁴
 Lana Ivanjek⁵
 Martin Hopf⁵

¹Eberhard Karls Universität Tübingen
²Goethe-Universität Frankfurt
³Karl-Franzens-Universität Graz
⁴Technische Universität Darmstadt
⁵Universität Wien

Lernförderlichkeit des überarbeiteten Frankfurter Unterrichtskonzepts

Hintergrund

Viele Lernende entwickeln in der Sekundarstufe I kein angemessenes Verständnis von einfachen Stromkreisen. Konzeptionell mit besonders großen Lernschwierigkeiten verbunden ist die elektrische Spannung, die von vielen Schülerinnen und Schülern lediglich als Eigenschaft oder Bestandteil des elektrischen Stroms wahrgenommen wird (Rhöneck, 1986; Maichle, 1982). Zurückgeführt werden diese Lernschwierigkeiten u.a. darauf, dass der Strombegriff den traditionellen Unterricht aus historischen, nicht jedoch didaktischen Gründen zu Lasten einer vertieften Auseinandersetzung mit der Spannung als Potenzialdifferenz dominiert (Gleixner, 1998, S.62). Vor diesem Hintergrund wurde in einer Vorgängerstudie ein neues Unterrichtskonzept auf Basis des Elektronengasmodells zu einfachen Stromkreisen entwickelt, das entsprechend den Forderungen von Cohen, Eylon & Ganiel (1983, S. 411) noch vor einer Auseinandersetzung mit dem Strombegriff die elektrische Spannung als Differenzgröße einführt. Eine empirische Evaluation des Unterrichtskonzepts mit 790 Lernenden aus dem Frankfurter Raum hat gezeigt, dass das im Rahmen der Vorgängerstudie entwickelte Unterrichtskonzept zu einem deutlich besseren Verständnis elektrischer Stromkreise führt, was sich u.a. in einem signifikant höheren Lernzuwachs mit einer Effektstärke von $d = .94$ widerspiegelt. Für eine ausführliche Darstellung der Grundideen des Unterrichtskonzepts und der empirischen Ergebnisse sei an dieser Stelle auf Burde (2018) verwiesen.

Das DBR-Projekt EPo-EKo

Das EPo-EKo-Projekt (Elektrizitätslehre mit Potenzial – Elektrizitätslehre mit Kontexten) stellt ein internationales Kooperationsprojekt der Physikdidaktiken der Universitäten Wien, Graz, Darmstadt, Frankfurt und Tübingen dar und baut auf den oben beschriebenen Arbeiten von Burde (2018) auf. Im Sinne des für Design-Based Research typischen zyklischen Vorgehens von Entwicklung, Erprobung und Evaluation besteht eines der Ziele der EPo-EKo-Studie darin, das bisherige Frankfurter Unterrichtskonzept weiterzuentwickeln und dessen Lernförderlichkeit im internationalen Rahmen mit einer größeren Stichprobe und einem verbesserten Studiendesign zu evaluieren. Eine detailliertere Beschreibung des EPo-EKo-Projektes findet sich in Wilhelm et al. (2018).

Datenerhebung und Stichprobe

Die Datenerhebung im EPo-EKo-Projekt findet in Wien, Niederösterreich, Steiermark, Hessen und Bayern mittels Vor-, Nach- und Follow-Up-Tests statt. Im Vortest werden neben dem Konzeptverständnis auch das Sach- und Fachinteresse sowie das physikbezogene Selbstkonzept und das verbale und figurale Denkvermögen der Schülerinnen und Schüler erhoben. Im Nachtest sowie dem zehn Wochen nach Ende der Unterrichtseinheit stattfindenden Follow-Up-Test wird aufgrund der angenommenen zeitlichen Stabilität auf eine

wiederholte Erhebung des verbalen und figuralen Denkvermögens zugunsten einer detaillierteren Erhebung des Konzeptverständnisses verzichtet. Hierzu wird auf ein im Rahmen der EPo-EKo-Studie entwickelten Rasch-skalierten, zweistufigen Multiple-Choice-Test zurückgegriffen, der im Anker-Test-Design eingesetzt wird (Ivanjek et al., 2019). Neben den zwölf Anker-Items des Vortests umfassen der Nach- und Follow-Up-Test weitere neun Items zum Konzeptverständnis. Das verbale und figurale Denkvermögen wurde mittels Skalen aus dem Berliner Intelligenzstrukturtest für Jugendliche erhoben, das Sach- und Fachinteresse mit Hilfe von Skalen der PISA-Studie (Frey et al., 2009) und das physikbezogene Selbstkonzept mit Hilfe von Skalen aus der IPN-Studie (Hoffmann et al., 1998).

Nachdem die Lehrkräfte im ersten Projektjahr ihre Klassen traditionell unterrichteten (Kontrollgruppe) und so entsprechende Daten zum traditionellen Unterricht erhoben werden konnten (Burde et al., 2019), unterrichteten die gleichen Lehrkräfte im zweiten Projektjahr ihre Klassen nach dem überarbeiteten Frankfurter Unterrichtskonzept (Treatmentgruppe). Die in diesem Artikel vorgestellten Ergebnisse basieren auf einer vorläufigen Stichprobe der Treatmentgruppe, da noch nicht alle Fragebögen aus dem zweiten Projektjahr erfasst werden konnten. Zudem wird sich hier auf eine Analyse der Vor- und Nachtestergebnisse beschränkt.

Tabelle 1: Die vorläufige Stichprobe in Zahlen

| | Kontrollgruppe | Treatmentgruppe |
|----------------------|----------------|-----------------|
| Erhebungsjahr | 2018 | 2019 |
| SchülerInnen | 1083 | 376 |
| Klassen | 55 | 21 |
| Lehrkräfte | 43 | 19 |

Vergleich des konzeptionellen Verständnisses

Bei dem zweistufigen Testinstrument zum Konzeptverständnis wurde ein Item nur dann als korrekt gewertet, wenn sowohl die Antwort auf der ersten Stufe als auch die Begründung auf der zweiten Stufe korrekt angegeben wurden. Auf Basis dieser dichotomen Item-Codierung wurde anschließend die Personenfähigkeit der Schülerinnen und Schüler im Vor- und Nachtest mit Hilfe einer Rasch-Analyse bestimmt. Um den Effekt der Gruppenzugehörigkeit und damit des überarbeiteten Frankfurter Unterrichtskonzepts genauer bestimmen zu können, wurde anschließend eine Mehrebenenanalyse durchgeführt. Diese ergibt, dass unter Kontrolle aller Vortestergebnisse (fachliches Konzeptverständnis, figurales und verbales Denkvermögen, physikbezogenes Selbstkonzept sowie Sach- und Fachinteresse) sowie des Geschlechts der Lernenden die durchschnittliche Personenfähigkeit in der Kontroll-

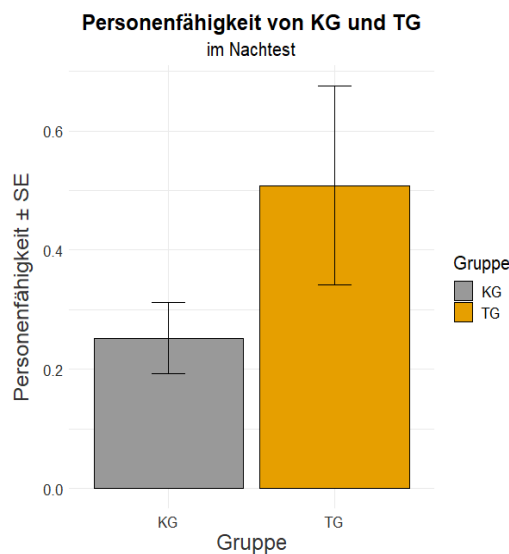


Abb. 1: Vergleich des Konzeptverständnisses in KG und TG nach dem Unterricht. Dargestellt ist die jeweilige mittlere Personenfähigkeit in Logits mit entsprechendem Standardfehler.

gruppe bei 0.25 (SE = 0.06) liegt, während sie in der Treatmentgruppe 0.51 (SE = 0.17) beträgt (vgl. Abb. 1). Dieser Unterschied ist statistisch signifikant und entspricht einem mittleren Effekt von $d = 0.56$.

Entwicklung des Sach- und Fachinteresses

Neben dem Konzeptverständnis wurden auch affektive Merkmale wie das Sach- und Fachinteresse erhoben und mittels einer Rasch-Analyse unter Verwendung eines Rating-Scale-Modells analysiert. Wie in Abb. 2 dargestellt, entwickelt sich das Sachinteresse in Kontroll- und Treatmentgruppe unterschiedlich ($\chi^2(1) = 7.931, p = .005$). Während das Sachinteresse in der Kontrollgruppe ansteigt, fällt es in der Treatmentgruppe ab. Ein ähnlicher Befund ergibt sich in Hinblick auf das Fachinteresse, das in der Treatmentgruppe im Gegensatz zur Kontrollgruppe ebenfalls abnimmt ($\chi^2(1) = 8.327, p = .004$).

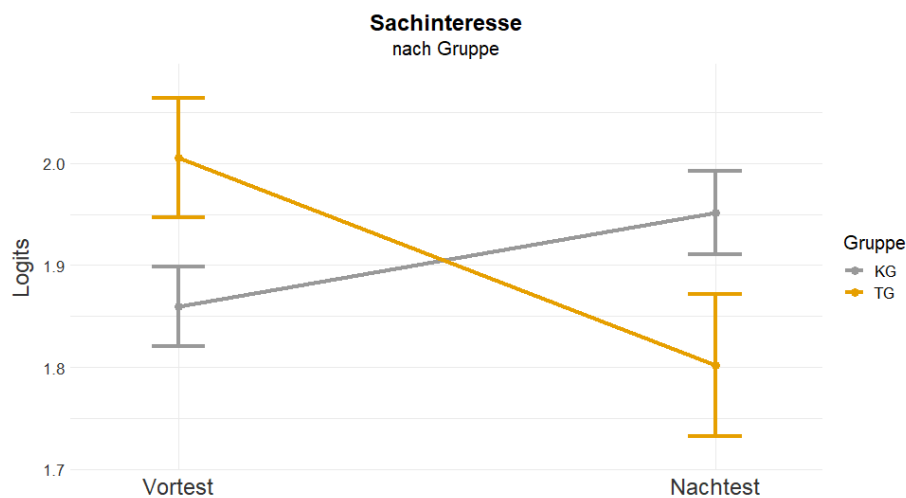


Abb. 2: Entwicklung des Sachinteresses in Kontroll- und Treatmentgruppe. Dargestellt sind die mittels Rating-Scale-Modell berechneten Mittelwerte des Sachinteresses in Logits mit ihren Standardfehlern.

Ausblick und Diskussion

Die Auswertung des vorläufigen Datensatzes zeigt, dass das Frankfurter Unterrichtskonzept mit einer mittleren Effektstärke von $d = 0.56$ zu einem signifikant besseren konzeptionellen Verständnis bei den Schülerinnen und Schülern führt als der traditionelle Unterricht. In Hinblick auf das Interesse der Lernenden zeigt sich jedoch, dass dieses im Gegensatz zum traditionellen Unterricht tendenziell abnimmt. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass in Folge der starken fachsystematischen Ausrichtung des Frankfurter Unterrichtskonzepts die Interessen der Lernenden zu wenig Berücksichtigung finden.

Da es in der Elektrizitätslehre bisher an einem kontextorientierten Unterrichtskonzept mangelt, dessen Lernförderlichkeit auch empirisch belegt ist, wird im Rahmen der EPo-EKo-Studie in einem nächsten Schritt ein kontextorientiertes Unterrichtskonzept auf Basis des Frankfurter Unterrichtskonzepts entwickelt und evaluiert. Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass zahlreiche Studien zeigen konnten, dass eine geeignete Kontextorientierung sich positiv auf das Sachinteresse und das physikbezogene Selbstkonzept der Lernenden auswirkt. Ungeklärt ist in der fachdidaktischen Forschung bisher jedoch die Frage, ob die Orientierung an interessanten Kontexten auch mit einem besseren konzeptionellen Verständnis der Lernenden einhergeht (Taasooobshirazi & Carr, 2008, S. 164).

Literatur

- Burde, J.-P. (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. *Studien zum Physik- und Chemielernen*, Band 259, Logos-Verlag, Berlin (ISBN: 978-3-8325-4726-4) <http://doi.org/10.30819/4726>.
- 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, S. 213 – 216.
- Cohen, R.; Eylon, B.; Ganiel, M. (1983). Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts. In: *American Journal of Physics* 51 (5), S. 407–412.
- Frey, A.; Taskinen, P.; Schütte, K.; Prenzel, M.; Artelt, C.; Baumert, J.; Blum, W.; Hammann, M.; Klieme, E.; Pekrun, R. (2009). *PISA-2006-Skalenhandbuch. Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Waxmann, Münster.
- Gleixner, C. (1998). *Einleuchtende Elektrizitätslehre mit Potenzial*. Dissertation. LMU München.
- Hoffmann, L.; Häußler, P.; Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*. IPN, Kiel.
- Ivanjek, L.; Hopf, M.; Burde, J.-P.; Wilhelm, T.; Dopatka, L.; Spatz, V.; Schubatzky, T.; Haagen-Schützenhöfer, C. (2019). Entwicklung eines Testinstruments zum einfachen Stromkreis 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, S. 209 – 212.
- Maichle, U. (1982). Schülervorstellungen zu Stromstärke und Spannung. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik/Chemie* 30 (11), S. 383–387.
- Rhönneck, C. v. (1986). Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. In: *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik* 34 (13), S. 10–14.
- Taasobshirazi G. & Carr, M. (2008). A review and critique of context-based physics instruction and assessment. *Educational Research Review* 3(3):155–167.
- Wilhelm, T.; Burde, J.-P.; Spatz, V.; Haagen-Schützenhöfer, C.; Hopf, M. (2018). Elektronengasmodell und Kontextorientierung – ein binationales Projekt. In: Maurer, Chr. (Hrsg.): *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen*, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017, Band 38, 2018, S. 772 – 775.