

Jan-Philipp Burde¹
 Thomas Wilhelm¹
 Liza Dopatka²
 Verena Spatz²
 Thomas Schubatzky³
 Claudia Haagen-Schützenhöfer³
 Lana Ivanjek⁴
 Martin Hopf⁴

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

Vergleich des Lernerfolges im traditionellen E-Lehre Unterricht

Hintergrund

Trotz intensiver unterrichtlicher Bemühungen seitens der Lehrkräfte gelingt es dem traditionellen Physikunterricht seit Jahrzehnten nicht, jungen Menschen angemessene physikalische Vorstellungen von den Vorgängen in sogenannten einfachen Stromkreisen zu vermitteln. Insbesondere verfügen die meisten Schülerinnen und Schüler auch am Ende der Sekundarstufe I noch nicht über ein eigenständiges Spannungskonzept, sondern betrachten die Spannung als Eigenschaft oder Bestandteil des elektrischen Stroms (Rhöneck, 1986; Maichle, 1982). Ein wesentlicher Kritikpunkt an der Sachstruktur des traditionellen Unterrichts besteht darin, dass der Strombegriff aus historischen, nicht jedoch didaktischen Gründen, den Physikunterricht zu Lasten des Potenzial- und Spannungsbegriffs dominiert (Gleixner, 1998, S.62). Um den Schülerinnen und Schülern die Bedeutung der elektrischen Spannung für den elektrischen Strom bewusst zu machen, wurde von Cohen, Eylon & Ganiel (1983, S. 411) ein Unterrichtskonzept gefordert, „*that introduces the concept of potential difference first and [...] clearly spells out the relation of cause and effect between pd [potential difference] and current*“.

Das Frankfurter Elektronengasmodell

Im Frankfurter Unterrichtskonzept auf Basis des Elektronengasmodells wurde u.a. diese Forderung aufgegriffen, um den Lernenden ein besseres Verständnis für die wechselseitige Beziehung der Grundgrößen Spannung, Stromstärke und Widerstand in elektrischen Stromkreisen zu ermöglichen. Die Grundidee des elementarisierten Elektronengasmodells besteht dabei darin, dass sich Elektronen in Metallen wie Kupfer befinden und sich dort frei bewegen können wie Luftteilchen in einem Schlauch. Die Aufgabe der Batterie besteht nun darin, für eine erhöhte Elektronendichte im Leiterstück, das mit dem Minuspol verbunden ist, und eine verminderte Elektronendichte im Leiterstück, das mit dem Pluspol verbunden ist, zu sorgen. Da von einem Elektronengas ausgegangen wird, geht diese erhöhte bzw. verminderte Elektronendichte im Leiter mit einem erhöhten bzw. verminderten elektrischen Druck einher, der in Rot bzw. Blau dargestellt wird (siehe Abb.1). In Analogie zu Alltagsgegenständen wie z.B. Fahrradreifen oder Luftmatratzen kann dann argumentiert werden, dass der an einem Lämpchen anliegende elektrische Druckunterschied genauso zu einer Elektronenströmung führt wie Luftdruckunterschiede eine Luftströmung verursachen. Im Rahmen einer empirischen Evaluation mit 790 Schülerinnen und Schülern zeigte sich, dass das neue Unterrichtskonzept verglichen mit dem traditionellen Physikunterricht zu einem deutlich besseren konzeptionellen Verständnis elektrischer Stromkreise führt, was sich u.a. in einem signifikant höheren Lernzuwachs von $d = .94$ widerspiegelt (Burde, 2018).

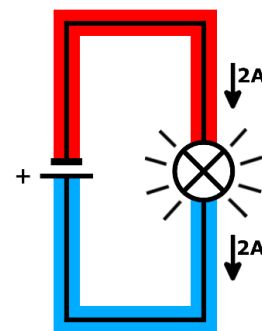


Abb. 1: Darstellung des "elektrischen Drucks"

Die internationale Nachfolgestudie EPo-EKo

Eine genauere Analyse der äußerst vielversprechenden Ergebnisse der bisherigen Studie hat ergeben, dass Jungen trotz gleichen Vorwissens einen signifikant höheren Lernzuwachs erzielen als die Mädchen, wenn sie nach dem Elektronengasmodell unterrichtet werden. In der Physikdidaktik ist heute unumstritten, dass eine geeignete Kontextorientierung ein wesentliches Merkmal guten Physikunterrichts darstellt, da die Einbettung von physikalischen Themen in Alltagskontexte es den Schülerinnen und Schülern erlaubt, die Physik als sinnvoll und für ihr Leben relevant wahrzunehmen (Labudde, 2001; Millar, 2005; Duit & Wodzinski, 2006). Insbesondere haben zahlreiche Studien zeigen können, dass sich Physikunterricht, der sich an den Interessen der Mädchen orientiert, positiv auf das Sachinteresse und das Selbstkonzept von Mädchen auswirkt, ohne dass dies zum Nachteil der Jungen wäre (Häußler & Hoffmann, 1995; Berger, 2002; Lubben et al., 2005). Unklar hingegen ist, inwiefern eine stärkere Kontextorientierung im Unterricht auch einen positiven Einfluss auf die Lernwirksamkeit des Physikunterrichts hat (Krapp, 1992; Berger, 2002). Insbesondere mangelt es bisher an einem kontextorientierten Unterrichtskonzept für die Elektrizitätslehre, dessen Lernförderlichkeit empirisch belegt ist. Im Rahmen der internationalen Nachfolgestudie „Elektrizitätslehre mit Potenzial & Kontexten“ (EPo-EKo) soll daher nicht nur ein solches Unterrichtskonzept entwickelt und evaluiert werden, sondern auch der Einfluss der Kontextorientierung und des Elektronengasmodells auf affektive Merkmale wie das Interesse und das physikbezogene Selbstkonzept sowie das Konzeptverständnis der Schülerinnen und Schüler untersucht werden.

Stichprobe und Datenerhebung

Inzwischen liegen erste vorläufige Daten aus dem ersten Projektjahr zum Lernerfolg, zum Sach- und Fachinteresse sowie zum physikbezogenen Selbstkonzept im traditionellen Elektrizitätslehreunterricht vor. Die vorläufige Stichprobe umfasst dabei 1035 Schülerinnen und Schüler, die in 51 Klassen von 36 Lehrkräften unterrichtet wurden. Die Erhebungsstandorte waren Wien/Niederösterreich mit 220 Lernenden, die Steiermark mit 314 Lernenden, Hessen mit 234 Lernenden und Bayern mit 267 Lernenden. Der Unterricht fand mit Ausnahme von drei hessischen Klassen, die sich in der 8. Jahrgangsstufe befanden, ausschließlich in der 7. Jahrgangsstufe statt.

Um die zeitliche Entwicklung der verschiedenen Konstrukte erheben zu können, wurde ein Vor- und ein Nachtest sowie mit zehnwöchiger Verzögerung ein Follow-Up-Test durchgeführt. Während im Vortest neben dem Konzeptverständnis auch das Sach- und Fachinteresse, das physikbezogene Selbstkonzept und das verbale und figurale Denkvermögen erhoben wurde, fand eine wiederholte Testung des verbalen und figuralen Denkvermögens im Nach- und Follow-Up-Test vor dem Hintergrund der angenommenen zeitlichen Stabilität dieser Konstrukte nicht statt. Vielmehr lag der Fokus hier auf einer umfassenderen Erhebung des Konzeptverständnisses, das im Nach- und Follow-Up-Test mit 21 zweistufigen Items geprüft wurde, während im Vortest nur eine Teilmenge von 12 Items verwendet wurde. Der Vorteil des zweistufigen Multiple-Choice-Tests besteht darin, dass die Lernenden nicht nur eine Antwort, sondern auch eine Begründung angeben müssen, womit u.a. die hinter den Antworten stehenden Schülervorstellungen erhoben werden können. Die Items zum konzeptionellen Verständnis stammen aus einem selbstentwickelten, rasch-skalierten Test (Ivanjek et al., in diesem Band), die Skalen zum verbalen und figuralen Denkvermögen aus dem Berliner Intelligenzstrukturtest für Jugendliche, die Skalen zum Sach- und Fachinteresse aus der PISA-Studie (Frey et al., 2009) und die Skalen zum physikbezogenen Selbstkonzept aus der IPN-Studie (Hoffmann et al., 1998).

Erste Daten zum traditionellen Physikunterricht

Da die Schülerinnen und Schüler im Klassenverband unterrichtet wurden und ihr Lernerfolg somit statistisch gesehen nicht unabhängig voneinander ist, wurde zur Auswertung der Daten eine Mehrebenenanalyse mit zwei Ebenen (Level-1: Schülerebene; Level-2: Klassenebene) durchgeführt. Die somit gewährleistete adäquate Berücksichtigung der hierarchischen Datenstruktur ermöglicht nicht nur eine genauere Bestimmung der untersuchten Effekte sondern auch eine adäquatere Schätzung ihrer statistischen Unsicherheit (Twisk, 2006, 30ff). Der vorliegende Intraklassenkorrelationskoeffizient von .16 im Nullmodell zeigt nach Hartig & Rakoczy (2010, S. 544), dass die Durchführung einer Mehrebenenanalyse notwendig ist. Unter der Kontrolle des Vortestergebnisses, des verbalen und figuralen Denkvermögens sowie des physikbezogenen Selbstkonzepts der Schülerinnen und Schüler zeigen die vorläufigen Daten, dass sich die Lernwirksamkeit des traditionellen Physikunterrichts mit Ausnahme der Steiermark ($d = .48$) nicht zwischen den verschiedenen Erhebungsstandorten unterscheidet (siehe Abb.2). Für die Interpretation der Daten ist zu berücksichtigen, dass bei dieser Analyse ein Item nur dann als korrekt gewertet wurde, wenn sowohl Antwort als auch Begründung korrekt angegeben wurden und nur die 12 gemeinsamen Items von Vor- und Nachtest ausgewertet wurden.

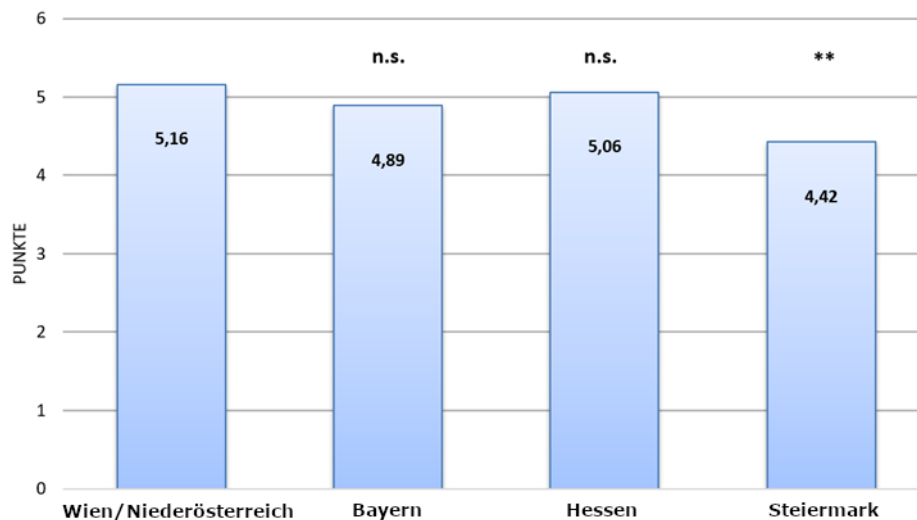


Abb. 2: Punkte im Nachtest unter Kontrolle des Vortestergebnisses, des verbalen und figuralen Denkvermögens sowie des physikbezogenen Selbstkonzepts. Maximal konnten 12 Punkte im Test erzielt werden.

In Hinblick auf die erhobenen affektiven Konstrukte wie das physikbezogene Selbstkonzept sowie das Sach- und Fachinteresse haben sich nur kleine Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen gezeigt. Auch wenn diese statistisch gesehen teilweise signifikant sind, handelt es sich höchstens um kleine Effekte zu Gunsten der Jungen. Zudem unterscheidet sich die Wirkung des Physikunterrichts bzgl. der untersuchten Kriterien auch nicht signifikant zwischen Jungen und Mädchen. Mit Blick auf das konzeptionelle Verständnis der Schülerinnen und Schüler ergibt sich jedoch ein interessanter Befund: Während Unterricht auf Basis des Elektronengasmodells mit einem höheren Lernzuwachs der Jungen gegenüber der Mädchen einhergeht, konnte ein solcher Gendereffekt bzgl. der Lernwirksamkeit des traditionellen Unterrichts in der vorläufigen Stichprobe des ersten Projektjahres nicht gefunden werden.

Literatur

- Berger, R. (2002). Einfluss kontextorientierten Physikunterrichts auf Interesse und Leistung in der Sekundarstufe II. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Nr. 8, S. 119–132.
- 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.
- Duit, R.; Wodzinski, R. (2006). Guten Unterricht planen - Kategorien fachdidaktischen Denkens bei der Planung des Unterrichts. In: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik 17 (2006), Nr. 92, S. 9–11.
- 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.
- Häußler, P.; Hoffmann, L. (1995). Physikunterricht – an den Interessen von Mädchen und Jungen orientiert. In: Unterrichtswissenschaft 23 (1995), Nr. 2, S. 107–126.
- 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. (dieser Band). Entwicklung eines Testinstruments zu einfachen Stromkreisen.
- J.-P. Burde (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichts-konzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells, <http://doi.org/10.30819/4726>
- Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen und Leistung: Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. In: Zeitschrift für Pädagogik 38 (1992), Nr. 5, S. 747–770.
- Labudde, P. (2001). Chancen für den Physikunterricht in der heutigen Zeit: Zehn Thesen zur physikalischen Bildung. In: PLUS LUCIS (2001), Nr. 2, S. 2–6.
- Lubben, F.; Bennett, J.; Hogarth, S.; Robinson, A. (2005). A systematic review of the effects of context-based and Science-Technology-Society (STS) approaches in the teaching of secondary science on boys and girls, and on lower-ability pupils. London, University of London, Institute of Education. Review.
- Maichle, U. (1982). Schülervorstellungen zu Stromstärke und Spannung. In: Naturwissenschaften im Unterricht. Physik/Chemie 30 (11), S. 383–387.
- Millar, R. (2005). Contextualised science courses: Where next? In: Nentwig, P.; Waddington, D. (Hrsg.): Making it relevant. Context based learning of science. Münster: Waxmann, S. 323–346.
- Rhöneck, 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.