

Thomas Wilhelm¹
 Jan-Philipp Burde¹
 Verena Spatz²
 Claudia Haagen-Schützenhöfer³
 Martin Hopt⁴

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

Elektronengasmodell und Kontextorientierung – ein binationales Projekt

Motivation

Die Elektrizitätslehre und hier insbesondere der Spannungsbegriff stellen für viele Schülerinnen und Schüler eine der größten Herausforderungen des Physikunterrichts der Sekundarstufe I dar und es gelingt ihnen oftmals nicht, ein qualitatives Verständnis elektrischer Stromkreise zu erreichen (Rhöneck, 1986). Insbesondere wird im traditionellen Unterricht kein angemessenes Spannungskonzept entwickelt, sondern die elektrische Spannung wird von den Lernenden lediglich als Eigenschaft des elektrischen Stroms wahrgenommen, was auch als eine Folge der Dominanz des Strombegriffs in praktisch allen Unterrichtskonzepten der Mittelstufe angesehen wird (Cohen et al., 1983). Benötigt wird deshalb ein Unterrichtskonzept, das zu einem angemessenen Spannungskonzept führt und den Lernenden somit ein qualitatives Verständnis der Wirkungszusammenhänge elektrischer Stromkreise ermöglicht. Ein wesentliches Ziel der binationalen Studie besteht daher in der Entwicklung eines solchen Unterrichtskonzepts sowie der gezielten empirischen Untersuchung des Einflusses der Kontextorientierung auf affektive Merkmale wie das Interesse und das Selbstkonzept einerseits und das Konzeptverständnis der Schülerinnen und Schüler andererseits.

Vorarbeit: Frankfurter Studie zum Elektronengasmodell

Das Frankfurter Unterrichtskonzept auf Grundlage des Elektronengasmodells versucht an die Erfolge bisheriger Potenzialansätze anzuknüpfen (Gleixner, 1998; Steinberg & Wainwright, 1993), indem noch vor der Einführung der elektrischen Stromstärke versucht wird, bei den Schülerinnen und Schülern ein konzeptionelles Verständnis für das elektrische Potenzial anzubahnen.

Die grundlegende Elementarisierung im Elektronengasmodell besteht in der Argumentation, dass eine Batterie eine Ungleichverteilung der Elektronen im Leiter erzeugt und sich so deren Dichte ändert, was wie bei einem Gas zu unterschiedlichem „elektrischen Druck“ führt. Durch Gleichsetzen des „elektrischen Drucks“ mit dem elektrischen Potenzial kann die elektrische Spannung im Elektronengasmodell als elektrischer Druckunterschied interpretiert werden, der mit unterschiedlichen Farben direkt im Schaltplan visualisiert wird (siehe Abb. 1). Indem an die alltägliche Luftdruckvorstellung (z.B. mit Luftmatratzen oder Fahrradreifen) angeknüpft wird, wird versucht, den Schülerinnen und Schülern eine intuitive Vorstellung vom elektrischen Potenzial und somit der elektrischen Spannung zu ermöglichen (Burde & Wilhelm, 2016a, 2016b).

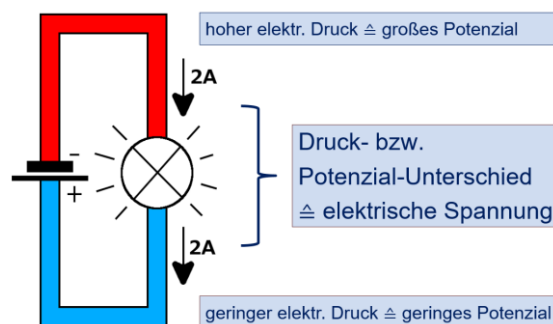


Abb. 1: Das Elektronengasmodell und die in der Frankfurter Studie verwendete Visualisierung

Das Frankfurter Konzept zum Elektronengasmodell führte in einer Studie mit 790 Schülerinnen und Schülern bzw. 36 Gymnasialschulklassen zu einem fast doppelt so hohen absoluten Lernzuwachs im Vergleich zum klassischen Physikunterricht (höchst signifikant, Effektstärke von $d = .62$) (Burde & Wilhelm, 2017, 2018). Die Schüler, die nach dem Elektronengasmodell unterrichtet wurden, besaßen ferner nach dem Unterricht im Durchschnitt signifikant weniger Fehlvorstellungen als ihre traditionell unterrichteten Peers. Auch die Lehrkräfte zeigten sich von dem neuen Unterrichtskonzept überzeugt, weshalb neun von zehn Lehrern angaben, auch in Zukunft nach dem Konzept unterrichten zu wollen. Eine genaue Auswertung der äußerst vielversprechenden Ergebnisse der bisherigen Studie hat allerdings gezeigt, dass Mädchen, die nach dem neuen Unterrichtskonzept unterrichtet wurden, trotz gleichen Vorwissens einen signifikant geringeren Lernzuwachs erzielten als Jungen. Außerdem wurde in der bisherigen Studie die Entwicklung des Interesses und anderer affektiver Merkmale nicht erhoben.

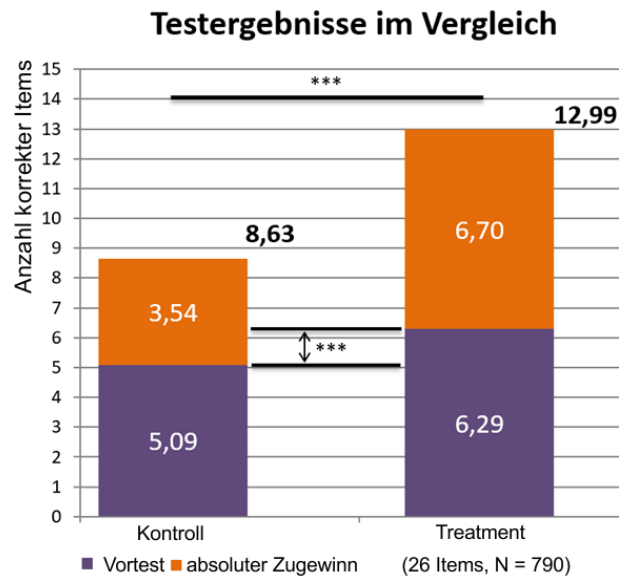


Abb. 2: Ergebnisse der Frankfurter Studie

Abb. 2: Ergebnisse der Frankfurter Studie

Kontextorientierung

In der Physikdidaktik ist unstrittig, dass eine Kontextorientierung ein wesentliches Merkmal guten Physikunterrichts darstellt, da diese den Schülerinnen und Schülern erlaubt, die Physik als sinnvoll und für ihr Leben relevant wahrzunehmen (Labudde, 2001; Millar, 2005; Duit & Wodzinski, 2006). Zahlreiche Studien konnten zeigen, dass sich ein an geeigneten Kontexten orientierter Physikunterricht vor allem positiv auf das Sachinteresse und das Selbstkonzept von Mädchen auswirkt (Hoffmann & Häußler, 1995; Berger, 2002; Lubben et al., 2005; Häußler & Hoffmann, 1995). Unklar ist hingegen, inwiefern eine stärkere Kontextorientierung auch einen positiven Einfluss auf die Lernwirksamkeit bzw. auf das fachliche Verständnis hat (Berger, 2002; Krapp, 1992). Insbesondere mangelt es bisher an einem kontextorientierten Unterrichtskonzept für die Elektrizitätslehre, dessen Lernförderlichkeit empirisch belegt ist.

Forschungsfragen

Das geplante Projekt ist ein Design-Based-Research Projekt (Design-Based Research Collective, 2003; Barab & Squire, 2004; Fischer et al., 2005; Ejersbo et al., 2008; Wilhelm et al., 2012; Wilhelm & Hopf, 2014). Im Rahmen dieses binationalen Forschungsprojektes sollen in Hessen, Bayern und Österreich die folgenden Fragen untersucht werden:

- Kann das signifikant bessere Verständnis der Lernenden, die nach dem Elektronengasmodell unterrichtet wurden, repliziert werden?
- Welchen Einfluss hat eine Kontextorientierung auf das Verständnis der Schülerinnen und Schülern bei verschiedenen Unterrichtskonzepten?

- Wie wirken sich das Elektronengasmodell und die Kontextorientierung auf das Interesse und das Selbstkonzept aus - vor allem bei den Mädchen?
- Welchen Einfluss hat das Pedagogical Content Knowledge (PCK) der Lehrkräfte und wie entwickelt es sich durch die Teilnahme an der Studie?

Design der Studie

Jede beteiligte Lehrkraft in jedem der drei Länder Hessen, Bayern und Österreich unterrichtet die Einführung in die Elektrizitätslehre in Jahrgangsstufe 7 oder 8 mindestens dreimal (siehe Abb. 3):

- Im ersten Jahr werden die Lehrkräfte die Elektrizitätslehre so unterrichten, wie sie es bisher immer getan haben (Kontrollgruppe).
- Im zweiten Jahr unterrichtet die eine Hälfte der Lehrkräfte die Elektrizitätslehre in gewohnter Form mit starker Kontextorientierung (Treatment 1), während die andere Hälfte der Lehrkräfte nach der Sachstruktur des Elektronengasmodells ohne Kontextorientierung (Treatment 2) unterrichtet.
- Im dritten Jahr werden alle Lehrkräfte nach dem Elektronengasmodell mit starker Kontextorientierung (Treatment 3) unterrichten.

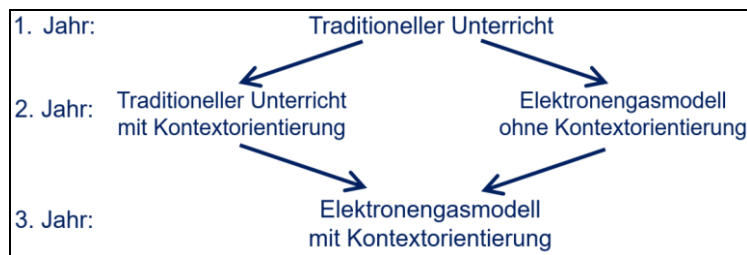


Abb. 3: Ablauf der geplanten Studie

Mit diesem Design kann methodisch der Einfluss der Lehrpersonen bestmöglich konstant gehalten werden. Somit ergeben sich in der geplanten Studie vier Gruppen in einem klassischen 2 x 2-Design (siehe Abb. 4).

	Ohne Kontextorientierung	Mit Kontextorientierung
Traditioneller Unterricht	1. Jahr	2. Jahr
Elektronengasmodell	2. Jahr	3. Jahr

Abb. 4: Das 2 x 2-Design der geplanten Studie

Dabei wird erhoben:

- das konzeptionelle Verständnis der Schülerinnen und Schüler im Pre-Post-FollowUp-Design mit Hilfe eines Fragebogens,
- das Interesse und Selbstkonzept der Schülerinnen und Schüler mittels Fragebogen und
- Teilfacetten des Pedagogical Content Knowledge (PCK) der Lehrkräfte mittels Fragebogen und Interviews.

Literatur

- Barab, S. & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The journal of the learning sciences*, 13(1), S. 1-14.
- 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.
- Burde, J.-P. & Wilhelm, T. (2016a). Das Elektronengasmodell im Anfangsunterricht - In: *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule* 65, Nr. 8, S. 18-24.
- Burde, J.-P. & Wilhelm, T. (2016b). Ein Unterrichtskonzept auf Basis des Elektronengasmodells - In: *PhyDid-B - Didaktik der Physik – Frühjahrstagung Hannover*, <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/666/808>.
- Burde, J.-P. & Wilhelm, T. (2017). Ergebnisse einer empirischen Studie zum Elektronengasmodell - In: *PhyDid-B - Didaktik der Physik – Frühjahrstagung 2017*, www.phydid.de.
- Burde, J.-P. & Wilhelm, T. (2018). Empirische Befunde zur Lernförderlichkeit des Elektronengasmodells - In: Maurer, Chr. (Hrsg.): *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen*, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017, Band 38, 2018.
- 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, Nr. 5, S. 407-412.
- Design-Based Research Collective (2003). Design-based Research: an emerging paradigm for educational inquiry. In: *Educational Researcher* 32, S. 5-8.
- Duit, R. & Wodzinski, R. (2006): Guten Unterricht planen - Kategorien fachdidaktischen Denkens bei der Planung des Unterrichts. In: *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik* 17, Nr. 92, S. 9-11.
- Ejersbo, L.; Engelhardt, R.; Frølund, L.; Hanghøj, T.; Magnussen, R. & Misfeldt, M. (2008). Balancing product design and theoretical insights. In: *The handbook of design research methods in education*, S. 149-163.
- Fischer, F.; Waibel, M. & Wecker, C. (2005). Nutzenorientierte Grundlagenforschung im Bildungsbereich. Argumente einer internationalen Diskussion In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften* 8, Heft 3, S. 427-442.
- 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, Nr. 2, S. 107-126.
- Hoffmann, L. & Häußler, P. (1995): Die Verwertung der Kieler Interessenstudie in einem BLK-Modellversuch. In: Behrendt, H. (Hrsg.): *Zur Didaktik der Physik und Chemie: Probleme und Perspektiven*. Alsbach: Leuchtturmverlag, S. 295-297.
- Krapp, A. (1992): Interesse, Lernen und Leistung: Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 38, Nr. 5, S. 747-770.
- Labudde, P. (2001). Chancen für den Physikunterricht in der heutigen Zeit: Zehn Thesen zur physikalischen Bildung. In: *Plus Lucis*, 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.
- 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.
- Rhôneck, C. v. (1986): Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. In: *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik* 34, Nr. 13, S. 10-14.
- Shipstone, D. M.; Rhôneck, C. v.; Jung, W.; Kärrqvist, C.; Dupin, J.-J.; Johsua, S. & Licht, P. (1988): A study of secondary students' understanding of electricity in five European countries. In: *International Journal of Science Education* 10, Nr. 3, S. 303-316.
- Steinberg, M. S. & Wainwright, C. L. (1993): Using Models to Teach Electricity – The CASTLE Project. In: *The Physics Teacher* 31, Nr. 6, S. 353-357.
- Wilhelm, T.; Hopf, M. (2014): Design-Forschung - In: Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.): *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*, Springer-Verlag, S. 31-42.
- Wilhelm, T.; Tobias, V.; Waltner, C.; Hopf, M. & Wiesner, H. (2012): Design-Based Research am Beispiel der zweidimensional-dynamischen Mechanik - In: Bernholt, S. (Hrsg.): *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*, Jahrestagung der GDGP in Oldenburg 2011, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 32, Lit-Verlag, Münster, S. 31-47.