

Thomas Sean Weatherby¹
 Thomas Wilhelm¹
 Jan-Philipp Burde²

¹Goethe-Universität Frankfurt
²Universität Tübingen

Eine Interventionsstudie auf Basis des Elektronengasmodells in England

In diesem Beitrag wird eine unterrichtliche Intervention zu einfachen elektrischen Schaltungen mit dem Elektronengasmodell in britischen Sekundarschulen vorgestellt. Diese Intervention bildet die Kontrollgruppe für eine Studie zum Unterrichten des Themas mit einem digitalen, kollaborativen Tool (Weatherby et al., 2022; Weatherby & Wilhelm, 2022). Die Materialien für die Kontrollgruppe basieren auf dem Unterrichtskonzept von Burde (2018), das für den Einsatz in hessischen Gymnasien entwickelt wurde. Da die Interventionsstudie an britischen Gesamtschulen durchgeführt wird, mussten einige Änderungen an dem ursprünglichen Konzept vorgenommen werden. Im Rahmen dieses Artikels soll daher zunächst eine kurze Einführung in das ursprüngliche Unterrichtskonzept von Burde (2018) gegeben sowie anschließend die Designentscheidungen erläutert werden, auf deren Grundlage das Unterrichtskonzept für den Einsatz in britischen Gesamtschulen adaptiert wurde.

Das Unterrichtskonzept nach Burde (2018)

Die Intervention basiert auf einer von Jan-Philipp Burde entwickelten Unterrichtskonzeption (Burde, 2018). Sie baut auf der Analogie zwischen elektrischem Potenzial und Luftdruck auf, einem Phänomen, das die Lernenden aus ihren Alltagserfahrungen kennen – sei es das Aufpumpen eines Fahrradreifens, eines Luftballons oder eines Schwimmkörpers. So können die Lernenden ihr Wissen über das Vertraute (Luftdruck) auf das Unbekannte (elektrisches Potenzial) übertragen (Gentner, 2009). Diese Analogie wurde gewählt, da sie auch die Ursache-Wirkungs-Beziehung von Potenzial und elektrischem Strom deutlich macht.

Sprachliche Anpassungen am Unterrichtskonzept

Für Leser, die mit britischen Schulen nicht vertraut sind, ist es wichtig zu wissen, dass der Lehrplan für den Elektrizitätsunterricht ähnlich dem der gymnasialen Sekundarstufe I in Deutschland ist. Da es aber einen nationalen Lehrplan für Grundschulen gibt (Department for Education, 2013), sollten die Lernenden bereits mit einigen Aspekten einfacher Gleichstromkreise vertraut sein – insbesondere mit offenen und geschlossenen Stromkreisen, der Funktionsweise eines Schalters und der Verwendung von Schaltkreissymbolen. Laut Beobachtungen bei der Entwicklung des epiSTEMe-Projektes (Taber, 2012) werden die „Übersetzung“ von Schaltkreissymbolen zu Abbildungen realer Bauteile von Lernenden bereits am Anfang der weiterführenden Schule gut verstanden. Trotz dieser Unterschiede oder vielleicht auch wegen der Vorarbeit in der Grundschule stimmen die Lernziele des frühen englischen Secondary School Curriculums (Department for Education, 2014) „Key Stage 3“, dem Äquivalent der Sekundarstufe I, gut mit den für die hessischen Gymnasien vorgesehenen konzeptionellen Inhalten überein, ohne sie quantitativ auszuweiten, was der „Key Stage 4“, dem Äquivalent der Sekundarstufe II, vorbehalten ist.

Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass die Lehrerausbildungsstruktur im Vereinigten Königreich bewirkt, dass in der „Key Stage 3“ das Fach „Science“ als eine kombinierte

„Naturwissenschaft“ unterrichtet wird, die häufig von einer physik-fachfremden Lehrkraft erteilt wird, da in den höheren Klassen nicht genügend Physikspezialisten zur Verfügung stehen (Moor et al., 2006. The Royal Society, 2007). In Hessen hingegen ist die Zahl der fachfremden Physiklehrer deutlich geringer, auch wenn aktuell bei Neueinstellungen im MINT-Bereich nur ein Drittel durch ein fachbezogenes Lehrkräfteangebot gedeckt werden kann (Kultusministerium Hessen, 2021). Dies macht in England eine stärkere Unterstützung der Lehrkräfte erforderlich und bedeutet, dass zusätzlich zu einem Lehrbuch und PowerPoint-Folien, wie sie bei der Maßnahme in Hessen bereitgestellt wurden, nun auch detaillierte Unterrichtspläne und Handouts bereitgestellt werden müssen.

Eine erste eng übersetzte Version des Lehrbuches von Burde ergab im Englischen einen recht komplexen Text, der mit Hilfe des Flesch-Kincaid-Lesealters bewertet wurde. Die Formel ordnet dem Text ein Lesealter zu, das auf der durchschnittlichen Anzahl von Wörtern pro Satz und der durchschnittlichen Anzahl von Silben pro Wort beruht. Dabei wurden die Komplexität des Wortschatzes und die semantische Bedeutung jedoch nicht berücksichtigt. Anschließend wurde der Text im Rahmen einer Überarbeitung vereinfacht, indem:

- der Text konversationeller gestaltet wurde, d. h. Elemente, die auf eine formale Schreibweise hindeuten, wurden entfernt.
- unnötige Ausdrücke (vor allem Adverbien) und ungewöhnliches Vokabular entfernt wurde,
- lange Sätze gekürzt wurden.

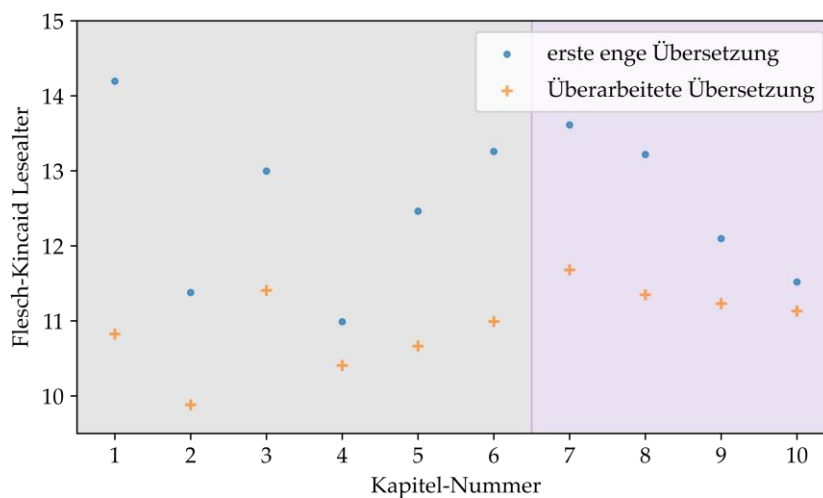


Abb. 1: Lesealter in zwei verschiedenen Versionen von „An Introduction to Electric Circuits“. Die blauen Punkte zeigen die erste enge Übersetzung und orangefarbene Pluspunkte die überarbeitete Fassung zur Verbesserung der Lesbarkeit. Die grauen und lilaschattierten Bereiche zeigen die Zuordnung der Kapitel zu Key Stage 3 bzw. 4.

Durch diese Überarbeitung konnte das Lesealter bzw. die Leseschwierigkeit erfolgreich gesenkt werden (siehe Abbildung 1). Wie bereits erwähnt, wird dabei jedoch die Komplexität des Wortschatzes im Text nicht berücksichtigt. Um den Lernenden die Arbeit mit dem Text zu erleichtern, wurde mit Hilfe der Python-Bibliothek „wordfreq“ (Speer et al., 2018) eine

Liste aller Vokabeln erstellt, die eine Häufigkeit seltener als Rang 16.577 haben, d.h. die nicht zu den 16.577 am meisten genutzten Vokabeln gehören. Die Anzahl 16.577 entspricht dabei dem geschätzten Wortschatz eines US-amerikanischen Fünftklässlers (Alter 10 oder 11), der eine Standardabweichung unter dem Mittelwert liegt (Anglin et al., 1993). Diese Liste der als selten ermittelten Wörter wurde dann manuell überprüft, um zu entscheiden, ob bei deren Verwendung hilfreiche Zusatzinformationen gegeben werden bzw. ob sie in eine Vokabelliste als Hilfestellung aufgenommen werden. Die manuelle Prüfung war auch notwendig, da der der Bibliothek zugrundeliegende Korpus überwiegend amerikanisch ist. Deshalb wurden mehrere häufig verwendete britisch-englische Wörter fälschlicherweise als ungewöhnlich eingestuft. Durch die so erzielte Komplexitätsreduktion sollten mindestens 83 % aller Lernenden Zugang zum Text haben.

Intervention

Mit Hilfe einer modifizierten Version des Konzepttests von Urban-Woldron und Hopf (2012) wurde der Lernzuwachs analysiert. Die Fragebögen wurden von den Lernenden vor und nach dem Unterricht bearbeitet. Aus insgesamt 14 Klassen aus drei großen, städtischen Gesamtschulen im Südosten Englands haben $N_{\text{Prä}} = 326$, $N_{\text{Post}} = 330$ und $n_{\text{Matched}} = 243$ (74% Matching) teilgenommen. Bei den Ergebnissen gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen der gematchten und der nicht-gematchten Gruppe, weshalb sich im Folgenden auf die gematchte Stichprobe bezogen wird.

Der Unterricht auf Basis der überarbeiteten Unterrichtsmaterialien führt bei den Lernenden zu einem signifikanten Lernzuwachs (siehe Abbildung 2) (gepaarter t-Test, $p < 0,001$). Der Verständniszugewinn ist ein guter Hinweis darauf, dass die überarbeiteten Materialien für den Unterricht in englischen Gesamtschulen wie geplant geeignet sind. Es ist jedoch anzumerken, dass die durchschnittliche Punktzahl im Post-Test nur 4,1 Punkte bei einer Höchstpunktzahl von $x_{\text{Max}} = 26$ beträgt. Es besteht also noch erheblicher Optimierungsbedarf, bevor man sagen kann, dass die Lernenden das unterrichtete Thema wirklich verstanden haben.

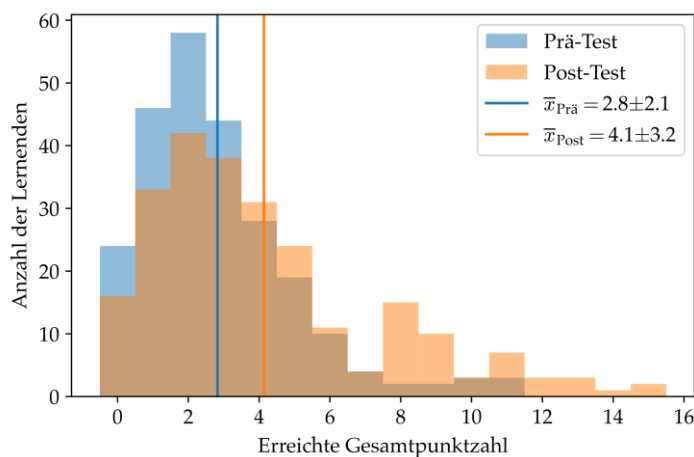


Abb. 2: Die erreichte Gesamtpunktzahl im Prä- und Post-Test. Die Durchschnittswerte sind jeweils durch vertikale Linien dargestellt.

Literatur

- Anglin, J. M., Miller, G. A., & Wakefield, P. C. (1993). Vocabulary Development: A Morphological Analysis. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 58(10), i. <https://doi.org/10.2307/1166112>
- Burde, J.-P. (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. *Studien Zum Physik- Und Chemielearning*, 259. <https://doi.org/10.30819/4726>
- Department for Education. (2013, September). *The National Curriculum in England: Key Stages 1 and 2 Framework Document*. <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-primary-curriculum>
- Department for Education. (2014, December). *The National Curriculum in England: Key Stages 3 and 4 Framework Document*.
- Gentner, D. (2009). The mechanisms of analogical learning. In *Similarity and analogical reasoning*. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511529863.011>
- Kultusministerium Hessen. (2021). *Lehrer für MINT-Fächer in Hessen und Antwort* (Kleine Anfrage No. 20/1529; 20. Wahlperiode). Hessischer Landtag. <https://starweb.hessen.de/cache/DRS/20/9/05129.pdf>
- Moor, H., Jones, M., Johnson, F., Martin, K., Cowell, E., & Bjorke, C. (2006). *Mathematics and science in secondary schools: The Deployment of Teachers and Support Staff to Deliver the Curriculum*. National Foundation for Educational Research.
- Ruthven, K., Mercer, N., Taber, K. S., Guardia, P., Hofmann, R., Ilie, S., Luthman, S., & Riga, F. (2017). A research-informed dialogic-teaching approach to early secondary school mathematics and science: The pedagogical design and field trial of the *epiSTEMe* intervention. *Research Papers in Education*, 32(1), 18–40. <https://doi.org/10.1080/02671522.2015.1129642>
- Speer, R., Chin, J., Lin, A., Jewett, S., & Nathan, L. (2018). *LuminosoInsight/wordfreq: V2.2*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1443582>
- Taber, K. (2012). *EpiSTEMe Teaching Notes*. <https://www.educ.cam.ac.uk/research/programmes/episteme/epiSTEMeElectricityTNweb.pdf>
- The Royal Society. (2007). *The UK's science and mathematics teaching workforce*.
- Urban-Woldron, H., & Hopf, M. (2012). Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 18, 201–227.
- Weatherby, T. S., & Wilhelm, T. (2022). Scientifically Speaking: Kollaboratives Lernen digital unterstützen. *PhyDid-B - Didaktik Der Physik*. DPG-Frühjahrstagung, Heidelberg.
- Weatherby, T. S., Wilhelm, T., & Burde, J. (2022). More than a “Clicker”: Scaffolding Learner-Learner Classroom Talk with a Tablet Application. In A. Weinberger, W. Chen, D. Hernández-Leo, & B. Chen (Eds.), *Proceedings of the 15th International Conference on Computer-Supported Collaborative Learning—CSCL 2022* (pp. 344–347). International Society of the Learning Sciences.