

Katharina Leibfarth¹
Ulrich Trautwein¹
Peter Gerjets²
Jan-Philipp Burde¹

¹Universität Tübingen
²IWM Tübingen

Die Verständlichkeit von Modellen des einfachen Stromkreises

Hintergrund und Motivation

In der heutigen Zeit ist Elektrizität aus dem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken. Zahlreiche bewusste und unbewusste Kontaktpunkte mit Elektrizität im Alltag machen diese zu einem integralen Bestandteil der modernen Gesellschaft. Gleichzeitig haben viele Lernende Schwierigkeiten mit den grundlegenden Konzepten der Elektrizitätslehre. Diverse Lernendenvorstellungen spiegeln diese konzeptuellen Schwierigkeiten zu einfachen Stromkreisen wider, beispielsweise die Vorstellung, dass der elektrische Strom „verbraucht“ würde, die Spannung eine Eigenschaft des Stroms sei oder die Spannung an einem einzigen Punkt messbar sei (Burde, 2018; Engelhardt & Beichner, 2004; Shipstone et al., 1988; von Rhöneck, 1986). Eine potenzielle Ursache dieser Schwierigkeiten und Lernendenvorstellungen liegt in der Unanschaulichkeit der Elektrizitätslehre: Die grundlegenden Größen einfacher Stromkreise und deren Zusammenhänge sind für unsere direkte Wahrnehmung nicht zugänglich (Burde et al., 2021). Um diesem Problem zu begegnen, liegt es daher nahe zur Veranschaulichung der Größen und Vorgänge einfacher Stromkreise auf geeignete Modelle bzw. Analogien zurückzugreifen. Fachdidaktische Studien konnten beispielsweise zeigen, dass Lehrkräfte in der Unterrichtspraxis häufig Stromkreismodelle einsetzen, wobei die Modellauswahl stark variiert (Leibfarth et al., 2024; Schubatzky, 2020). Insbesondere Höhenmodelle, das Fahrradkettenmodell sowie das Elektronengasmodell haben sich in Studien als vergleichsweise lernwirksam erwiesen (Burde, 2018; Gleixner, 1998; Hindriksen et al., 2023). Allerdings wurde bisher kaum empirisch untersucht, ob bzw. inwiefern sich die genannten Stromkreismodelle in Bezug auf die Förderung des Konzeptverständnisses bei den Schüler:innen unterscheiden bzw. mit welchen Verständnisschwierigkeiten sie verbunden sind.

Vor diesem Hintergrund soll ein systematischer Vergleich unterschiedlicher Modelle des einfachen Stromkreises im Rahmen einer qualitativen Interviewstudie mit Lernenden durchgeführt werden.

Forschungsfragen

Die Interviewstudie zielt darauf ab, die Akzeptanz der unterschiedlichen Modelle seitens der Lernenden sowie die Lernwirksamkeit der Modelle mit Blick auf zentrale physikalische Konzepte und Zusammenhänge im einfachen Stromkreis zu untersuchen. Dazu soll anhand von exemplarisch ausgewählten Modellen und Analogien den folgenden Fragen nachgegangen werden:

1. Wie werden die unterschiedlichen Stromkreismodelle von Lernenden akzeptiert?
2. Wie unterscheidet sich das Konzeptverständnis der Lernenden bezüglich...
 - a. der unterschiedlichen Modelle des elektrischen Stromkreises?

- b. des elektrischen Stromkreises (nach einer Instruktion auf Basis der unterschiedlichen Stromkreismodelle)?
 3. Wie unterscheiden sich die Verständnisschwierigkeiten der Lernenden bezüglich...
 - a. der unterschiedlichen Modelle des elektrischen Stromkreises?
 - b. des elektrischen Stromkreises (nach einer Instruktion auf Basis der unterschiedlichen Stromkreismodelle)?

Modellauswahl

In dieser Studie sollen Modelle, die sich in bisherigen fachdidaktischen Arbeiten bewährt haben, miteinander verglichen werden. Die hierfür gebildeten Modellgruppen sind in Abbildung 1 dargestellt.

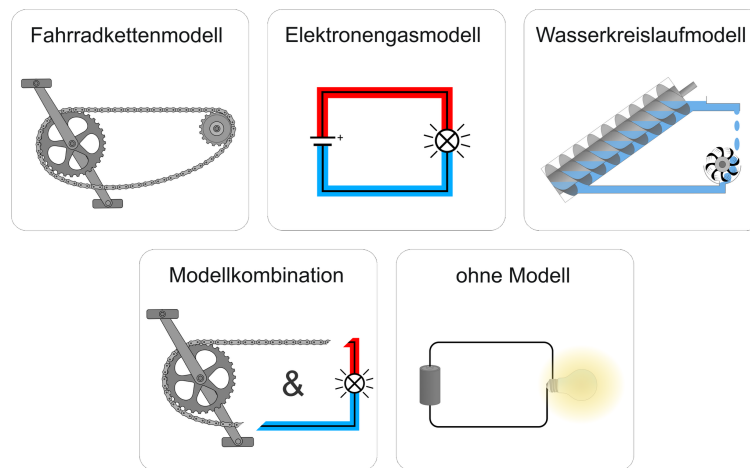


Abbildung 1: Die unterschiedlichen Modellgruppen der Interviews

Die Wahl des Fahrradkettenmodells ist darin begründet, dass es geeignet erscheint, den Systemcharakter elektrischer Stromkreise zu adressieren sowie der Lernendenvorstellung des Stromverbrauchs zu begegnen (Burde & Wilhelm, 2017; Wodzinski, 2013). Darüber hinaus sind viele Schüler:innen aus dem Alltag mit Fahrrädern vertraut, was zur erfolgreichen Modellnutzung beitragen kann (Burde & Wilhelm, 2017; Duit, 1991; Härtel, 2012). Das Elektronengasmodell hingegen erscheint besonders geeignet den Differenzcharakter der elektrischen Spannung zu veranschaulichen (Burde, 2018). Das Modell des offenen Wasserkreislaufs als Beispiel eines Höhenmodells, das von zahlreichen Lehrkräften eingesetzt wird, ergänzt die Modellauswahl (Schubatzky, 2020). Während die Stärken des Wasserkreislauf- und des Elektronengasmodells primär in der Veranschaulichung der elektrischen Spannung liegen, sind die des Fahrradkettenmodells eher bei der elektrischen Stromstärke verortet, sodass die beiden letzteren Modelle in einer weiteren Gruppe kombiniert werden (Burde & Wilhelm, 2017). Die Kombination von verschiedenen Modellen entspricht zudem der Gestaltung mancher Schulbücher (Leibfarth et al., 2024; Wilhelm & Vario Nunes, 2020) sowie oftmals auch des Physikunterrichts (Schubatzky, 2020).

Studiendesign

Der Vergleich der Modellgruppen erfolgt anhand von leitfadengestützten Einzelinterviews in einem Umfang von ca. einer Schulstunde mit etwa 30 Schüler:innen der 7. und 8. Jahrgangsstufe, das heißt bevor diese im Physikunterricht mit dem Thema der Elektrizitätslehre in Kontakt gekommen sind. Die Interviews basieren auf der Methode der Akzeptanzbefragung (Jung, 1992; Wodzinski & Wiesner, 1996). Dabei werden die Lernenden im Anschluss an eine fachliche Erklärung eines Konzepts des einfachen Stromkreises zunächst nach ihrer Akzeptanz gefragt. Im weiteren Verlauf der Interviews sollen sie die Erklärung paraphrasieren sowie diese auf eine anschließende Transferaufgabe anwenden.

Die Interviews sind in zwei miteinander vergleichbare Abschnitte gegliedert (vgl. Abb. 2): Im ersten Teil (a) werden die Konzepte innerhalb des Modellbereichs adressiert, beispielsweise der Straffheitsunterschied der Kette im Fahrradkettenmodell bzw. der elektrische Druckunterschied im Elektronengasmodell bzw. der Höhenunterschied im Wasserkreislaufmodell. Der zweite Teil (b) behandelt analoge Konzepte im Zielbereich des elektrischen Stromkreises unter Rückbezug zum Modell, beispielsweise die elektrische Spannung als Potenzialunterschied, die dem Höhenunterschied im Wasserkreislaufmodell entspricht. Dabei sind die Transferaufgaben, die in den Interviews zum Modell sowie zum einfachen Stromkreis gestellt werden, analog gehalten.

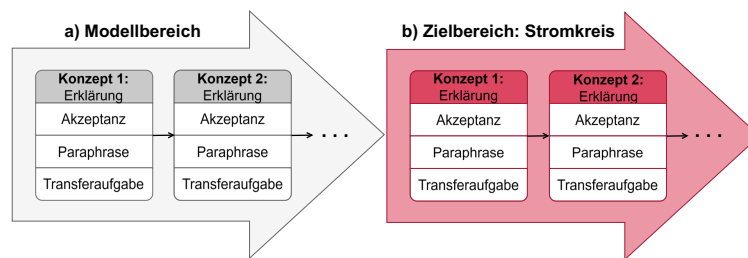


Abbildung 2: Verlaufsplan der Interviews

Im Anschluss an die Interviews werden diese transkribiert und mithilfe einer inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet (Kuckartz & Rädiker, 2022).

Ausblick

Die Erhebungen werden im ersten Halbjahr des Schuljahres 2024/25 durchgeführt. Die Ergebnisse der Interviews sollen Aufschluss darüber geben, inwiefern die untersuchten Modelle lernförderlich sind und von den Lernenden akzeptiert werden. Im Anschluss an die hier skizzierte qualitative Studie ist ein quantitativ-empirischer Vergleich der Lernförderlichkeit verschiedener Stromkreismodelle geplant.

Literatur

- Burde, J.-P. (2018). *Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells*. Logos Verlag Berlin. <https://doi.org/10.30819/4726>
- Burde, J.-P., Weatherby, T. S., & Kronenberger, A. (2021). An analogical simulation for teaching electric circuits: A rationale for use in lower secondary school. *Physics Education*, 56, 055010. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac03fe>
- Burde, J.-P., & Wilhelm, T. (2017). Modelle in der Elektrizitätslehre. Ein didaktischer Vergleich verbreiteter Stromkreismodelle. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 28(157), 8–13.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649–672. <https://doi.org/10.1002/sce.3730750606>
- Engelhardt, P. V., & Beichner, R. J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 72(1), 98–115. <https://doi.org/10.1119/1.1614813>
- Gleixner, C. (1998). *Einleuchtende Elektrizitätslehre mit Potential: Untersuchungen zu Lernprozessen in der elementaren Elektrizitätslehre*. Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Härtel, H. (2012). Der alles andere als einfache elektrische Stromkreis. *Praxis der Naturwissenschaften Physik in der Schule*, 61(5), 17–24.
- Hindriksen, A., Kahnt, M., & Berger, R. (2023). Lernwirksamkeit von Analogiemodellen zum elektrischen Potenzial. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1340>
- Jung, W. (1992). Probing Acceptance, A Technique for Investigating Learning Difficulties. In R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer (Hrsg.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies* (S. 278–295).
- Kuckartz, U., & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundlagentexte Methoden* (5. Auflage). Beltz Juventa.
- Leibfarth, K., Burde, J.-P., & Gottschlich, B. (2024). Modelle des einfachen Stromkreises in der Sekundarstufe I in Baden-Württemberg. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1449>
- Schubatzky, T. (2020). *Das Amalgam Anfangs-Elektrizitätslehreunterricht: Eine multiperspektivische Betrachtung in Deutschland und Österreich*. Logos Verlag Berlin. <https://doi.org/10.30819/5159>
- Shipstone, D. M., von Rhöneck, C., Jung, W., Kärrqvist, C., Dupin, J.-J., Johsua, S., & Licht, P. (1988). A study of students' understanding of electricity in five European countries. *International Journal of Science Education*, 10(3), 303–316. <https://doi.org/10.1080/0950069880100306>
- von Rhöneck, C. (1986). Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 34(13), 10–14.
- Wilhelm, T., & Vario Nunes, R. M. (2020). Vergleichende Schulbuchanalyse zur Einführung in die E-Lehre. In Sebastian Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen* (S. 578–581).
- Wodzinski, R. (2013). Lernhilfe oder Lernhindernis?: Modelle von Leitungsvorgängen in Stromkreisen unter der Lupe. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 23(133), 12–16.
- Wodzinski, R., & Wiesner, H. (1996). Akzeptanzbefragungen als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen. In R. Duit & C. von Rhöneck (Hrsg.), *Lernen in den Naturwissenschaften: Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg* (S. 250–274).