

## Akzeptanzbefragungen zur Energieübertragung in elektrischen Systemen

### Theoretischer Rahmen

Die Frage, wie Energie in einem einfachen elektrischen Stromkreis übertragen wird, ist nicht so trivial, wie sie zunächst scheint. Eine kürzlich abgeschlossene Masterarbeit an der Universität Wien hat gezeigt, dass Schüler:innen oft verschiedene und fachlich inkorrekte Antworten darauf geben (Pilsner, 2023). Diese Erkenntnis wirft Bedenken auf, wie effektiv der bisherige Unterricht zur Energie in der Elektrizitätslehre ist.

Wir wissen durch die physikdidaktische Forschung, dass Schüler:innen Schwierigkeiten damit haben, ein konzeptuelles Verständnis für den einfachen elektrischen Stromkreis zu bilden. Die Energie(übertragung) im Kontext des elektrischen Stromkreises zu beschreiben ist dabei nur eine von vielen Herausforderungen (Engelhardt & Beichner, 2004; Pilsner, 2023).

Um diesem Problem zu begegnen, lohnt es sich bestehende Unterrichtskonzeptionen genauer in den Blick zu nehmen. Es gibt bereits viele Unterrichtsdesigns zur einfachen Elektrizitätslehre. Davon beschäftigen sich auch einige explizit mit dem Thema Energie in elektrischen Stromkreisen (vgl. Burde, 2018; Muckenfuß & Walz, 1997), elektrischen und/oder magnetischen Feldern (vgl. Backhaus, 1987; Sefton, 2002) und sogar Oberflächenladungen (vgl. Härtel, 2012; Müller, 2012). Der Prozess der Energieübertragung nimmt dabei aber meist nur eine untergeordnete Rolle ein, wenn er überhaupt diskutiert wird. Zudem sind nicht alle dieser Unterrichtskonzeptionen empirisch validiert. Es fehlt somit eine Unterrichtskonzeption, die sich auf die Energieübertragung im elektrischen Kontext fokussiert und Schüler:innen dabei unterstützt, ein fundiertes Verständnis zu diesem Thema zu entwickeln und gleichzeitig empirisch validiert ist.

### Forschungsdesign und -methoden

Dieses Forschungsprojekt verfolgt das Ziel, ein neues Unterrichtsdesign für Schüler:innen der Sekundarstufe II (15-17 Jahre) zu entwickeln, der elektromagnetische Felder zur Erklärung der Energieübertragung in elektrischen Systemen verwendet.

Die folgenden Forschungsfragen sollen im Zuge dieses Projekts beantwortet werden:

- F1: Inwiefern sind Schüler:innen der Sek. II in der Lage, mithilfe der Konzeptideen des Unterrichtsdesigns entsprechende Verständnisaufgaben zu lösen?
- F2: Welche Vorstellungen haben Schüler:innen der Sek. II vor bzw. nach dem Unterricht zur Energieübertragung in elektrischen Systemen?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde ein Design-Based-Research-Ansatz gewählt. Dabei wird ausgehend von einer didaktischen Rekonstruktion der Fachinhalte sowie die Schüler:innenperspektiven zu dem Thema Energieübertragung in elektrischen Systemen analysiert um eine didaktische Strukturierung des Inhalts vorzunehmen (Kattmann, Duit, Gropengiesser & Komorek, 1997). Im Zuge dieser didaktischen Rekonstruktion wurden zehn Konzeptideen, sogenannte ‚Key ideas‘ erstellt, die die Grundlage für einen Interviewleitfaden bilden. Der Interviewleitfaden wurde dazu verwendet, 21 Einzelinterviews mit Schüler:innen der Sekundarstufe II durchzuführen. In Tabelle 1 findet sich eine Übersicht der teilnehmenden Schüler:innen, die aus drei allgemeinbildenden, höheren Schulen (AHS) in Wien stammen.

	1. Interviewrunde	2. Interviewrunde	3. Interviewrunde
<b>Durchführungszeitraum</b>	Juni-Juli 2021	Jänner-März 2022	Oktober-November 2022
<b>Anzahl der Interviews</b>	N = 7	N = 7	N = (7) 6
<b>Schulstufe</b>	11	11	10
<b>Alter</b>	16-17 Jahre	16-17 Jahre	15-16 Jahre
<b>Interviewdauer</b>	30 min bis 1 h	1 h	1,25 h

Tabelle 1: Stichprobe der Interviewstudie.

Für die Durchführung der Interviews wurde die Methode der Akzeptanzbefragung (Jung, 1992) verwendet. Dabei wird jede Konzeptidee in vier Schritten behandelt: 1) Erklärung, 2) Akzeptanz, 3) Paraphrase und 4) Aufgabe (siehe Abbildung 1). Dadurch erhält man einen tieferen Einblick in den Lernprozess von Schüler:innen.<sup>1</sup>

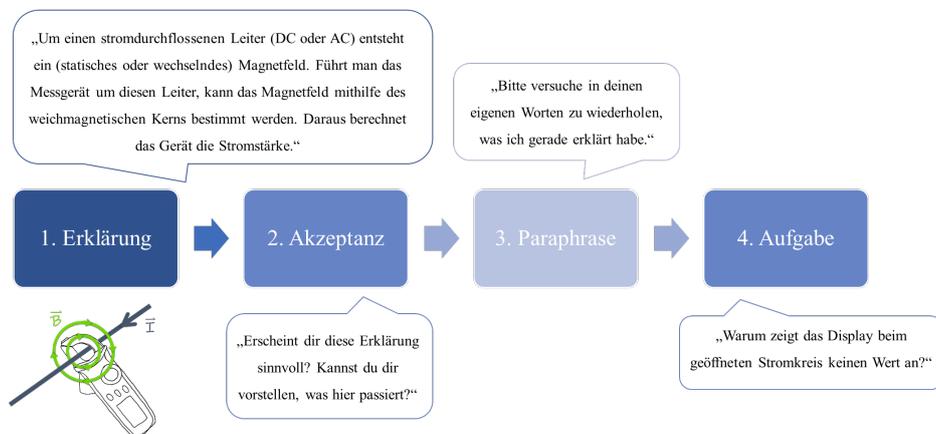


Abbildung 1: Ablauf der Akzeptanzbefragungen am Beispiel einer Konzeptidee zum magnetischen Feld.

## Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen dieser Interviewstudie wurden drei Interviewrunden durchgeführt. Die Ergebnisse jeder Runde wurden transkribiert und mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet (Kuckartz, 2016). Dabei wurden Aussagen, die völlig korrekt sind, grün (3), Aussagen, die nur teilweise korrekt sind, gelb (2) und Aussagen, die völlig falsch sind, rot (1) kodiert. Das Ergebnis ist eine Kodierungs-Landkarte, die Einblicke darin erlaubt, welche Konzeptideen gut und welche weniger gut von den Schüler:innen aufgenommen werden (siehe Tabelle 2 als Beispiel einer Konzeptidee). Aufgrund dieser Analyse wurde nach jeder Runde eine Überarbeitung des Interviewleitfadens und der Konzeptideen durchgeführt. Dieser zyklische Prozess des Designs und Re-Designs wiederholt sich mehrmals, wobei in jeder Runde neue Schlüsse über die Akzeptanz des Unterrichtsdesigns gezogen werden können.

### Interrater-Validität

Im Rahmen der Auswertung wurde die Interrater-Validität (Landis & Koch, 1977) analysiert. Hierzu wurden 10% der Transkripte von einer weiteren Person kodiert. In der ersten Runde der Akzeptanzbefragungen ergab sich ein Cohens-Kappa-Wert von  $\kappa = 0,91$  was in der

<sup>1</sup> Eine ausführliche Beschreibung der Akzeptanzbefragungs-Methode im Rahmen dieses Projekts wurde im GDCP Tagungsband 2021 erläutert (Morris & Hopf, 2022).

Literatur als „almost perfect“ beschrieben wird (Landis & Koch, 1977). In der zweiten Runde betrug das Cohens-Kappa  $\kappa = 0,55$  und in der dritten Runde  $\kappa = 0,60$ . Diese Werte werden als „moderate“ eingestuft (Landis & Koch, 1977) und sind somit zufriedenstellend.

#### Ergebnisse und Diskussion der dritten Konzeptidee

Die nachfolgende Tabelle stellt die Ergebnisse einer Konzeptidee zum elektrischen Feld aus den drei Runden an Akzeptanzbefragungen mit insgesamt 20 Schüler:innen dar. Der 21. Interviewproband (IP) behandelt einen Sonderfall und wird aus dieser Analyse ausgeschlossen. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse zur Akzeptanz, Paraphrase und zwei Aufgaben zu der Konzeptidee abgebildet.

IP	Runde 1							$\bar{x}$	Runde 2							$\bar{x}$	Runde 3					$\bar{x}$	
	1	2	3	4	5	6	7		8	9	10	11	12	13	14		15	16	17	18	19		20
Erklärung																							
Akzeptanz	3	3	3	3	3	3	3	3,00	3	3	3	3	3	3	3	3,00	3	3	2	3	3	3	2,83
Paraphrase	2	3	3	3	2	2	3	2,57	3	2	2	3	3	2	3	2,57	3	2	2	3	3	3	2,67
Aufgabe 1	3	2	1	3	1	2	3	2,14	2	2	2	3	2	2	2	2,14							
Aufgabe 2	3	0	0	3	3	3	3	3,00	2	3	2	3	3	3	2	2,57	3	3	3	3	3	3	3,00
								2,68							2,57							2,83	

Tabelle 2: Ergebnisse der Konzeptidee zum elektrischen Feld aus den drei Interviewrunden.

Wie man anhand Tabelle 2 erkennen kann, wurde die Erklärung dieser Konzeptidee von fast allen Schüler:innen sehr gut aufgenommen und mit grün (3) bewertet. Lediglich im Interview mit IP17 wurde die Akzeptanz mit gelb (2) bewertet, da es hier eine Verständnisfrage seitens der Schülerin / dem Schüler gab, die sich jedoch schnell klären ließ.

Des Weiteren zeigt Tabelle 2, dass die Paraphrase in 12 von 20 Fällen grün (3) kodiert werden konnte. Die mit gelb (2) bewerteten Stellen verdeutlichen dagegen Stellen, die noch herausfordernd für Schülerinnen und Schüler sind. Dabei wurden insbesondere zwei Schwierigkeiten häufig beobachtet: In den ersten beiden Runden der Paraphrasen zeigten Schüler:innen eine häufige Tendenz, das Magnetfeld mit dem elektrischen Feld zu verwechseln, indem sie die Begriffe synonym verwendeten. Als Reaktion darauf wurde ein ‚Kognitives Stoppschild‘ eingeführt, um sie dazu zu ermutigen, bei der Begriffswahl genauer zu sein. Dies führte dazu, dass in der dritten Runde diese Verwechslung nicht mehr auftrat. Ebenso hatten einige Schüler:innen Schwierigkeiten, Oberflächenladungen von den Ladungen im Inneren des Leiters zu unterscheiden. Um diese Verwechslung zu verringern, wurde in der dritten Runde eine zusätzliche Konzeptidee eingeführt, die sich speziell mit Oberflächenladungen befasste, was zu einer deutlichen Verbesserung führte.

Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, erhielten die Schüler:innen in den ersten beiden Runden jeweils zwei Aufgaben, während in der dritten Runde nur eine Aufgabe zum elektrischen Feld gestellt wurde. Die erste Aufgabe, bei der die Schüler:innen beschreiben sollten, ob ein Alufolienstück oder ein Strohhalm in einem offenen Stromkreis abgelenkt wird, wurde aufgrund ihrer Schwierigkeit nach der zweiten Runde verworfen. Stattdessen wurde die zweite Aufgabe beibehalten, bei der die Schüler:innen Beispiele aus dem Alltag nennen sollten, in denen ein elektrisches Feld und ein elektrisches System auftreten.

#### Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse der Interviewstudie zeigen, welche Konzepte von den Schüler:innen gut verstanden wurden und welche zu Verständnisschwierigkeiten führen. Basierend auf diesen Ergebnissen wurde eine neue Lehr-Lern-Sequenz (LLS) mit zugehörigen Unterrichtsmaterialien entwickelt. Die LLS wird im Herbst 2023 mit sieben Klassen der 11. Schulstufe aus vier allgemeinbildenden höheren Schulen (AHS) in Wien ausgetestet. Für die Auswertung wird ein Prä- und Posttestverfahren angewendet, um die Wirksamkeit des Unterrichtsdesigns beurteilen zu können. Darüber hinaus werden Interviews mit den teilnehmenden Lehrpersonen geführt.

### Literaturverzeichnis

- Backhaus, U. (1987). Der Energietransport durch elektrische Ströme und elektromagnetische Felder. *Praxis der Naturwissenschaften Physik*, 36(3), 30. Verfügbar unter: <http://www.didaktik.physik.uni-due.de/~backhaus/publicat/Energietransport.pdf>
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (BGBl. Nr. 88/1985). Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen. Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568&FassungVom=2018-09-01>
- Burde, J.-P. (2018). *Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells*. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.
- 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>
- Härtel, H. (2012). Der alles andere als einfache elektrische Stromkreis. *PdN PHYSIK in der Schule*, Vol 61, 17–24.
- 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. Proceedings of an international workshop held at the University of Bremen, March 4 - 8, 1991* (IPN, Bd. 131, S. 278–295). Kiel.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengiesser, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung, 3, 3–18.
- Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (Grundlagentexte Methoden, 3. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Morris, L. & Hopf, M. (2022). Energieübertragung in elektrischen Systemen mithilfe von elektromagnetischen Feldern erklären. In *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen: GDGP Tagungsband 2022* (S. 556–559). Gesellschaft für die Didaktik der Chemie und Physik (GDGP). Verfügbar unter: [https://ucris.univie.ac.at/portal/en/publications/energieuebertragung-in-elektrischen-systemen-mithilfe-von-elektromagnetischen-feldern-erklaren\(2e4aab1d-ee10-490b-8608-09810e099205\).html](https://ucris.univie.ac.at/portal/en/publications/energieuebertragung-in-elektrischen-systemen-mithilfe-von-elektromagnetischen-feldern-erklaren(2e4aab1d-ee10-490b-8608-09810e099205).html)
- Muckenfuß, H. & Walz, A. (Hrsg.). (1997). *Neue Wege im Elektrikunterricht. Vom Tun über die Vorstellung zum Begriff* (Unterrichtshilfen Naturwissenschaften, 2., überarb. Aufl.). Köln: Aulis-Verl. Deubner.
- Müller, R. (2012). A semiquantitative treatment of surface charges in DC circuits. *American Journal of Physics*, 80(9), 782–788. <https://doi.org/10.1119/1.4731722>
- Pilsner, A. (2023). *Empirische Erhebung von Vorstellungen zur Energie in der Elektrizitätslehre*. Wien. <https://doi.org/10.25365/thesis.73249>
- Sefton, I. M. (2002). *Understanding Electricity and Circuits: What the Text Books Don't Tell You*. Proceedings of the 9th Science Teachers Workshop, Sydney.