

Stefanie Peter¹
Olaf Krey¹

¹ Universität Augsburg

Visuelle Repräsentationen elektrischer Stromkreise – eine Schulbuchanalyse

Einleitung

Die Vermittlung grundlegender Konzepte der Elektrizitätslehre stellt eine große Herausforderung dar, da selbst nach der Vermittlung eine Vielzahl von Schülervorstellungen zu beobachten ist (Shipstone, 1988; Cohen, Eylon & Ganiel, 1983; Rhöneck, 1986). Forschungsbasierte Unterrichtsansätze zur Elektrizitätslehre erzielen einen deutlich höheren Lernerfolg als herkömmlicher Unterricht, dennoch ist der Lernerfolg insgesamt nicht zufriedenstellend (Burde & Wilhelm, 2020). Beim Erlernen physikalischer Konzepte spielen externe Repräsentationen eine wichtige Rolle. Eine gängige Repräsentation in der Elektrizitätslehre ist der Schaltplan, der elektrische Bauteile und deren Verbindung darstellt. Schülerinnen und Schülern gelingt es oft nicht, zwischen Schaltplänen und realen Schaltkreisen zu translatieren, wenn diese sich zwar in ihrem räumlichen Erscheinungsbild unterscheiden, aber physikalisch gleich sind (McDermott & Shaffer, 1992). Darüber hinaus haben sie Probleme zu erkennen, ob Widerstände parallel oder in Reihe geschaltet sind, wenn mehr als zwei Energiewandler in einem Stromkreis enthalten sind (McDermott & Shaffer, 1992). Auch die Symmetrie einer Schaltung beeinflusst das Urteil der Schüler über die Funktionalität der Schaltung (Niedderer, 1972). Neben Schaltplänen wurden in den genannten Studien auch andere Darstellungen verwendet. So wurden beispielsweise "reale Schaltungen" mit Hilfe von Zeichnungen dargestellt, in denen die Komponenten eher ikonisch als symbolisch dargestellt werden. Solche Darstellungen von Stromkreisen finden sich auch in Lernmaterialien und Schulbüchern.

Bei bildlichen Darstellungen kann zwischen einer konkreten und einer abstrakten Form der strukturellen Entsprechung zum dargestellten Objekt unterschieden werden (Schnotz, 2001). Auch die Darstellungen von Schaltungen in Lehrbüchern unterscheiden sich hinsichtlich ihrer strukturellen Übereinstimmung zu einer realen Schaltung. Um einen umfassenden Überblick über die verschiedenen Darstellungsformen von Stromkreisen zu erhalten, mit denen Lernende konfrontiert werden, wollen wir die folgende Forschungsfrage beantworten:

- Wie werden elektrische Stromkreise in aktuellen Physikschulbüchern dargestellt?

In Schulbüchern sind diese Darstellungen vorwiegend in fachliche (Lehr-)Texte und in Aufgabenstellungen eingebettet. Bislang ist nicht bekannt, ob bestimmte Darstellungen für bestimmte Inhalte oder Aufgabentypen bevorzugt werden, weshalb wir die Frage beantworten wollen:

- In welchen Inhalten und bei welchen Aufgabentypen werden die verschiedenen Darstellungsformen verwendet?

Methoden

Zur Beantwortung der ersten und zweiten Forschungsfrage werden Schulbücher der Klassen 7 bis 9 analysiert. In die Analyse werden Schulbuchreihen verschiedener Verlage eingeschlossen, die für den Physikunterricht in Bayern zugelassen sind. Zwischen den Jahrgängen unterscheidet sich sowohl die Anzahl der zugelassenen Schulbücher (KM Bayern, 2022) als auch

lehrplanbedingt der inhaltliche Umfang, den die Elektrizitätslehre im Schulbuch einnimmt, was zu unterschiedlichen Datenmengen führt. Da wir einen breiten Überblick über die verschiedenen Darstellungsformen von Stromkreisen gewinnen wollen, beziehen wir trotz der unterschiedlichen Datenmengen alle zugelassenen Schulbücher ein. Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über das für die Analyse verwendete Material.

Tab. 1: Übersicht über das in der Schulbuchanalyse verwendete Material: Inhalte in den Jahrgangsstufen (ISB), Seitenumfang der entsprechenden Kapitel und Anzahl der Abbildungen.

	Anzahl Abbildungen (Seitenanzahl E-Lehre/Gesamtseitenanzahl)		
	7	8	9
7: Reibungselektrizität, Elektrostatik, Ladungsarten, elektrischer, Wirkungen el. Stroms, Schaltungen einfacher technischer Anwendungen			
8: Modell des el. Stromkreises, Stromstärke, Spannung, Gleich- und Wechselstrom, Kennlinien (Ohm'scher) Widerstand, Leiter/Isolator, Haushaltsinstallation, Reihen-, Parallelschaltungen			
9: El. Energie, Ladung, Stromstärke, Spannung/Potentialdifferenz, Leistung, Wirkungsgrad			
C. C. Buchner	26 (28/107)	32 (50/207)	6 (21/200)
Cornelsen	26 (32/104)	32 (36/228)	16 (23/244)
Westermann	27 (23/95)	45 (53/208)	11 (21/208)
Duden	14 (23/95)	71 (68/200)	13 (20/200)
Ernst Klett	31 (19/73)		
Summe	124	180	46

Für die Analyse wurden alle Abbildungen, die einen vollständigen offenen oder geschlossenen Stromkreis darstellen, berücksichtigt. Aus diesen Darstellungen wurde ein Kategoriensystem anhand von Darstellungsmerkmalen erstellt. Dazu wurden die Darstellungen nach dem Grad der strukturellen Übereinstimmung (von eher abstrakt bis eher konkret) in verschiedene Kategorien eingeteilt. Anschließend wurden die Sachtexte und Aufgaben identifiziert, in denen die Abbildungen eingebettet sind. Eine Abbildung wurde einem Sachtext dann zugeordnet, wenn im Text direkt auf die Abbildung verwiesen wurde oder wenn eine Abbildung zusammen mit einem Text eingerahmt wurde (bspw. bei einem Merkkasten). Mit Hilfe eines inhaltsanalytischen Ansatzes (Kuckartz, 2018) wurde eine inhaltlich strukturierende Analyse der zugeordneten Textabschnitte durchgeführt. Das Vorgehen gestaltet sich dabei deduktiv-induktiv, da die thematischen Hauptkategorien aus der inhaltlichen Struktur der Schulbücher ergeben und die Subkategorien induktiv am Material bestimmt werden.

Auswertung

Insgesamt konnten 350 Abbildungen für die Analyse verwendet werden. Eine genaue Übersicht kann der Tabelle 1 entnommen werden. Wir konnten vier verschiedene Kategorien identifizieren, in die sich die Darstellungen je nach Grad der strukturellen Übereinstimmung mit dem dargestellten Objekt einteilen lassen. Die Kategorien und ihre Beschreibungen können der Tabelle 2 entnommen werden. Das Foto einer realen Schaltung stimmt dabei am meisten

strukturell mit einer realen Schaltung überein, während bei einem Schaltplan die strukturelle Übereinstimmung mit einer echten Schaltung auf abstrakte Weise besteht.

Tab. 2: Kategoriensystem für Darstellungen von elektrischen Stromkreisen.


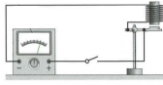


Schaltplan	Gemischtes Design	Realzeichnung	Foto
Abstrakte Symbole für Komponenten, gerade Linien zur Darstellung der Verbindungen	Sowohl Elemente eines Schaltplans als auch Realzeichnungen von Komponenten	Realistische Zeichnung sowohl der Komponenten als auch der Kabel	Foto eines real aufgebauten Stromkreises
			
(Gleixner et al., 2020)	(Gleixner et al., 2019)	(Christl et al., 2019)	(Christl et al., 2019)

Abbildung 1 zeigt den prozentualen Anteil der Schaltkreisdarstellungen für jede Kategorie in Bezug auf die Gesamtzahl der Schaltkreisdarstellungen pro Klassenstufe. Die Ergebnisse zeigen, dass in allen Klassenstufen Schaltpläne den größten Anteil der Darstellungen von elektrischen Stromkreisen ausmachen. Vor allem in der Jahrgangsstufe 7 machen aber auch realistische Zeichnungen mit ca. 33 % einen erheblichen Anteil der Darstellungen aus. In der Jahrgangsstufe 8 sind diese weniger zu finden, während der Anteil der Schaltpläne zunimmt. Dieser Trend setzt sich in der 9. Klasse fort, wobei zu beachten ist, dass hier, wie oben bereits erwähnt, insgesamt weniger Daten ($n = 46$ Abbildungen) vorliegen. Diese Ergebnisse stimmen mit den Ergebnissen anderer Studien überein, die eine Zunahme abstrakterer Darstellungen mit steigender Klassenstufe in naturwissenschaftlichen Schulbüchern festgestellt haben (Liu & Treagust, 2013; Wemecke et al., 2016).

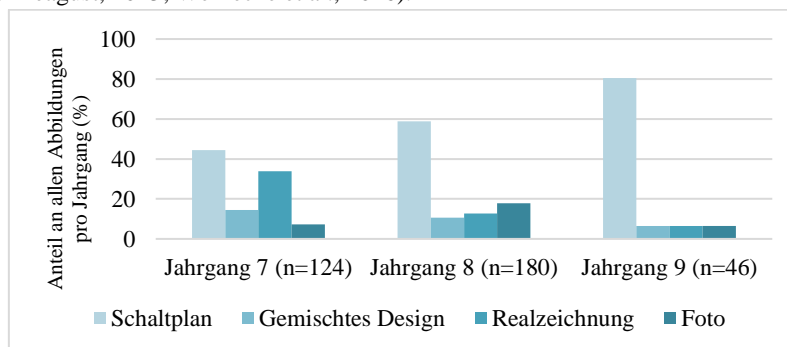


Abb. 1: Anteil der Abbildungen der verschiedenen Kategorien von Darstellungen von Stromkreisen für die Jahrgangsstufen sieben bis neun.

Ausblick

Die beschriebene Inhaltsanalyse befindet sich momentan in der Auswertung. Erste Ergebnisse für die Jahrgangsstufe 7 zeigen, dass bei Inhalten, die phänomenologisch betrachtet werden (bspw. Wirkung des el. Stroms) häufiger Realzeichnungen und Fotos verwendet werden als Schaltpläne. Durch die Analyse der Abbildungen konnte festgestellt werden, dass

Lernende mit unterschiedlichen Darstellungsformen elektrischer Stromkreise in der Elektrizitätslehre umgehen müssen. Auf welche Weise sie diese zum Lösen von Aufgaben nutzen und welche Darstellungsformen in welchen inhaltlichen Zusammenhängen lernförderlich sind, soll in nachfolgenden Untersuchungen beantwortet werden.

Literatur

- Burde, J.-P., & Wilhelm, T. (2020). Teaching electric circuits with a focus on potential differences. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2). <https://doi.org/10.1103/physrevphyseduces.16.020153>
- Cohen, R., Eylon, B., & Ganiel, U. (1983). Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts. *American Journal of Physics*, 51(5), 407-412. <https://doi.org/10.1119/1.13226>
- Christl, M., Diehl, B., Fösel, A., Sander, P., Schmalhofer, C., Sinzinger, M., & Vitz, S. (2019). *Fokus Physik 7. Natur und Technik. Gymnasium Bayern*. Cornelsen. S. 79
- Gleixner, C., Heckmann, G., Nürnberger, M., Pippig, R., Schmitter, S., & Spießl, P. (2019). Dorn Bader. *Natur und Technik. Schwerpunkt Physik 7. Gymnasium Bayern*. Westermann. S. 85
- Gleixner, C., Heckmann, G., Lohrer, A., Nürnberger, M., Pippig, R., Schmitter, S., & Spießl, P. (2020). *Dorn Bader. Physik 8. Gymnasium Bayern*. Westermann. S. 23
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Beltz Juventa.
- Kultusministerium Bayern (KM Bayern) (2022). *Zugelassene digitale und gedruckte Lernmittel*. [<https://www.km.bayern.de/lehrer/unterricht-und-schulleben/lernmittel.html>; letzter Zugriff 29. Oktober 2022]
- Liu, Y., & Treagust, D. F. (2013). Content analysis of diagrams in secondary school Science textbooks. In *Critical analysis of science textbooks* (pp. 287-300). Springer.
- McDermott, L. C., & Shaffer, P. S. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics*, 60(11), 994-1003.
- Niedderer, H. J. (1972). *Sachstruktur und Schülerfähigkeiten beim einfachen elektrischen Stromkreis* [Dissertation, Kiel].
- Rhöneck, C. v. (1986). Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. *Naturwissenschaften im Unterricht-Physik*, 34(13), 10-14.
- Schnotz, W. (2001). Wissenserwerb mit Multimedia. *Unterrichtswissenschaften*, 29(4), 292-318. <https://doi.org/10.25656/01:7717>
- Shipstone, D. M., Rhöneck, C. V., 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>
- Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB), München. *LehrplanPLUS Gymnasium. Fachlehrplan Physik*. [https://www.lehrplanplus.bayern.de/schulart/gymnasium/inhalt/fachlehrplaene?w_schulart=gymnasium&wt_1=schulart&w_fach=physik&wt_2=fach; letzter Zugriff: 29. Oktober 2022]
- Wernecke, U., Schwanewedel, J., Schütte, K., & Harms, U. (2016). Wie wird Energie im Biologieschulbuch dargestellt? – Entwicklung eines Kategoriensystems und exemplarische Anwendung auf eine Schulbuchreihe. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 215-229. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0051-2>