

## Erprobung einer Eye-Tracking-Studie zu visuellen Strategien im Umgang mit Schaltplänen

Schaltpläne sind eine grundlegende Repräsentation in der Elektrizitätslehre. Anders als z. B. Liniendiagramme, die in verschiedenen inhaltlichen Domänen verwendet werden, sind Schaltpläne eine spezifische Darstellung für den Bereich der Elektrizitätslehre, weshalb das *representational dilemma* (Rau, 2017) hier insbesondere zum Tragen kommt. In der Erprobung unserer Eye-Tracking-Studie wurde die visuelle Aufmerksamkeit von Lernenden erfasst, während sie Aufgaben zu elektrischen Stromkreisen bearbeiteten. Die Studie will klären, welche Strategien die Lernende beim Umgang mit Schaltplänen nutzen, und welche Rolle dabei das domänen- und darstellungsspezifische Vorwissen spielen.

### Hintergrund

Zahlreiche Lernendenvorstellungen zeigen, dass die Vermittlung und das Lernen von Konzepten der Elektrizitätslehre eine große Herausforderung darstellen (Wilhelm & Hopf, 2018). Einige Lernschwierigkeiten stehen dabei im direkten Zusammenhang mit Schaltplänen. So fällt Lernenden die Translation zwischen Schaltplan und realem Stromkreis schwer, insbesondere, wenn diese sich in ihrem räumlichen Erscheinungsbild unterscheiden, und sie haben Schwierigkeiten zwischen Reihen- und Parallelschaltungen zu unterscheiden (McDermott, 1992). Aber nicht nur diese konkreten Lernschwierigkeiten weisen auf ein Problem mit der Repräsentation von Stromkreisen hin. Auch grundlegende Lernendenvorstellungen wie das *lokale Denken* und die *sequenzielle Argumentation* (Wilhelm & Hopf, 2018) können im Zusammenhang mit dem Lesen und Interpretieren von Schaltplänen stehen. Beide Denkweisen wirken intuitiv, wenn der Schaltplan in Stromrichtung „gelesen“ wird. Eine systematische Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Schaltplan und der Argumentationsweise liegt bisher noch nicht vor.

Aus kognitionspsychologischer Sicht bietet die *Cognitive Theory of Multimedia Learning* eine Grundlage für die Betrachtung der kognitiven Prozesse bei der Verarbeitung von externen Repräsentationen (Mayer, 2014). Diesen Ansatz führt Gegenfurtner (2020) weiter und beschreibt mit der *Cognitive Theory of Visual Expertise* (CTVE) die kognitiven Prozesse, die mit erweitertem Vorwissen einhergehen. Dazu gehören das wissensbasierte Wahrnehmen, die Erweiterung des visuellen Registers um die parafoveale Verarbeitung, das Nutzen visueller Praktiken und die metakognitive Überprüfung der einzelnen Verarbeitungsprozesse (Gegenfurtner et al., 2022). Das domänenspezifische Vorwissen, das nach der CTVE für die wissensgeleitete Verarbeitung benötigt wird, liegt als deklaratives Wissen, prozedurales Wissen und als metakognitives Wissen vor (Gegenfurtner et al., 2022). Dabei handelt es sich um Wissenskomponenten, die sich nicht grundsätzlich auf Auseinandersetzung mit Repräsentationen beziehen. Erlebach und Frank (2022) hingegen leiten aus dem *Integrierten Modell des Text- und Bildverstehens* nach Schnotz (2014) das für die jeweiligen Top-Down-Prozesse benötigte Vorwissen ab und unterscheiden zwischen Inhaltsvorwissen und Repräsentationsvorwissen. Letzteres wird in deklaratives, strategisches und prozedurales Repräsentationswissen unterteilt (Erlebach & Frank, 2022).

## Studiendesign und Stichprobe

Mit unserer Studie wollen wir den folgenden Fragen nachgehen:

- Inwiefern können aus der visuellen Aufmerksamkeit von Lernenden beim Lösen von Aufgaben aus der E-Lehre Strategien im Umgang mit Schaltplänen rekonstruiert werden?
- Welchen Einfluss hat das Vorwissen auf die Strategien im Umgang mit Schaltplänen?

Um diese Fragen zu beantworten wurde ein Fragebogen konzipiert, der das Bereichsspezifische Inhaltsvorwissen über Gesetzmäßigkeiten zu physikalischen Größen in Reihen- und Parallelschaltungen und das deklarative Repräsentationswissen über Schaltsymbole und die Darstellung von Reihen- und Parallelschaltungen erhebt. Als Teil des prozeduralen Repräsentationswissens werden die perzeptuellen Fähigkeiten beim Erkennen äquivalenter Schaltpläne in Multiple-Choice-Aufgaben untersucht. Die Strategien zum Umgang mit den Schaltplänen werden aus der visuellen Aufmerksamkeit beim Lösen von insgesamt 11 qualitativen offenen Aufgaben zu elektrischen Stromkreisen rekonstruiert. Hierfür wurden die Aufgaben auf einem Computerbildschirm präsentiert und die visuelle Aufmerksamkeit mit einem stationärem Eye-Tracking-System aufgenommen. Nach Einschätzung ihrer selbst wahrgenommenen Antwortsicherheit beantworteten die Teilnehmenden die Aufgaben mündlich. Insgesamt haben an der Erhebung 16 Personen teilgenommen (9 weiblich). Für die Rekonstruktion der Strategien stellen wir drei Fälle vor, die in Tabelle 1 beschrieben werden. Außerdem zeigen wir hier die Bearbeitung einer Aufgabe, deren Schaltplan in Abb. 1 dargestellt ist. Dabei werden die Probanden aufgefordert zu erläutern, welchen Einfluss es auf die Helligkeit der Lampe hat, wenn der Widerstand  $R_2$  verdoppelt wird.

Tabelle 1: Kurzbeschreibung der vier ausgewählten Fälle (LA= Lehramtsstudium).

P1	Längster Erfahrungszeitraum E-Lehre, mehrjährigen Arbeit als Lehrkraft
P2	Max. Leistung offene qualitative Aufgaben LA Physik Gymnasium, 4. FS
P3	Lernendenvorstellung <i>sequenzielle Argumentation</i> , LA Physik Gymnasium, 2. FS

## Ausgewählte Ergebnisse

Für jeden Schaltplan wurden *Areas of Interest* (AOI) definiert, die die Komponenten des Schaltplans umfassen. Für die AOI werden die Fixationsdauern berechnet (Tobii I-VT Fixationsfilter (Tobii Pro AB, 2014)). Die Gesamtfixationsdauern der AOI sind in Abb. 1 dargestellt. Die hier ausgewertete Aufgabe haben P1 und P2 richtig gelöst.

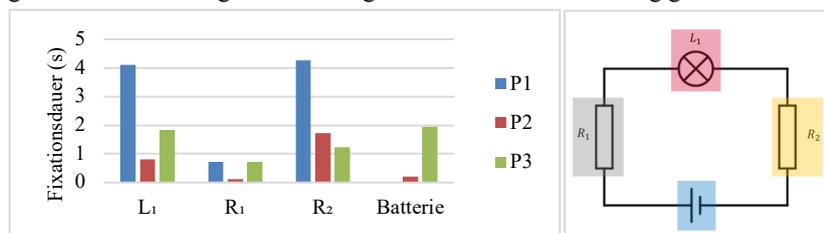


Abb. 1: Links: Gesamtbetrachtungsdauer der AOI für die Teilnehmenden P1, P2 und P3.  
Rechts: Schaltplan der Aufgabe und Definition der AOI

Bei der Betrachtung der Gesamtfixationsdauern in Abb. 1 fällt auf, dass P1 eine deutlich höhere Fixationsdauer auf  $R_2$  und  $L_1$  aufweist. Dies zeigt sich ebenfalls in der zeitlichen Auflösung (Abb. 2). Dabei fällt auf, dass P1 lange Zeit am Stück auf den beiden Komponenten  $R_2$  und  $L_1$  verharret und nicht besonders viele Wechsel zwischen den AOI aufweist. Ein anderes Vorgehen zeigt P2. Hier sind insgesamt kürzere Fixationsdauern der AOI zu

verzeichnen. Zudem wechselt P2 häufiger zwischen den Komponenten. Bei der Analyse der Antworten kann eine zu den visuellen Daten passende Begründung gefunden werden. Während P2 eher global über den Gesamtwiderstand und die Auswirkung auf die Stromstärke argumentiert, begründet P1 seine Antwort mit der Veränderung der lokalen Spannungen an  $R_2$  und  $L_1$ . Die hohen Fixationsdauern von P1 deuten dabei auf einen höheren kognitiven Aufwand bei der Bestimmung der Spannungsänderungen hin. Ein wiederum anderes Vorgehen ist bei P3 zu finden, welche keine Veränderung der Helligkeit der Lampe vermutet, da der Widerstand  $R_2$  „im Schaltkreis erst nach der Lampe auftritt“ (sequenzielle Argumentation). P3 weist ebenfalls häufige Wechsel bei der Betrachtung der AOI auf. Hinzu kommt eine hohe Fixationsdauer der Batterie (Abb.1). Dies passt zur sequenziellen Argumentation, da anhand der Batterie die Stromrichtung bestimmt werden kann, die für eine sequenzielle Argumentation benötigt wird. P3 zeigt auch bei weiteren Aufgaben diese hohen Betrachtungsdauern auf der Batterie.

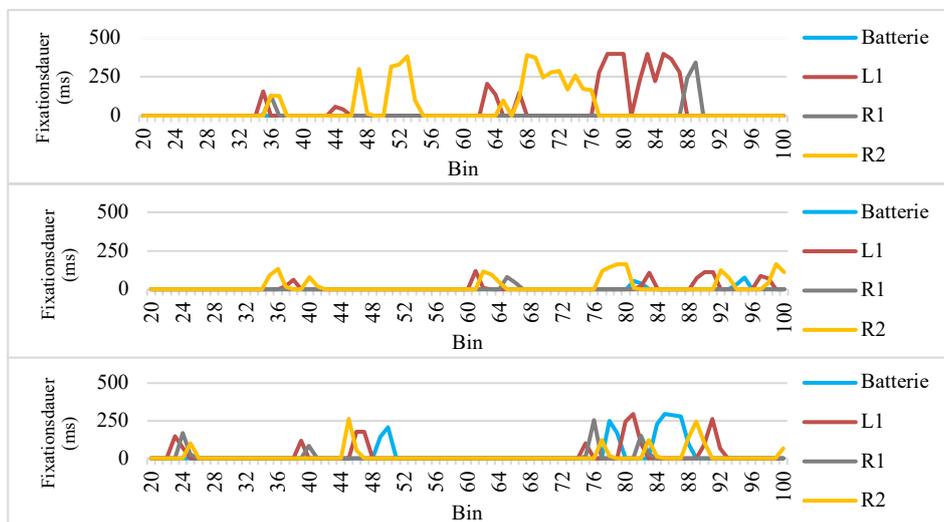


Abb. 2: Fixationsdauern der AOI aufgetragen über die Bearbeitungszeit, die in 100 Bins unterteilt wurde für P1 (oben), P2 (Mitte) und P3 (unten) (Beschränkung auf relevanten Bereich Bin 20 bis 100).

### Ausblick

Die ersten Analysen der Daten zeigen Unterschiede im visuellen Verhalten der Teilnehmenden. Zusammen mit den Aufgabenantworten werden bereits erste Unterschiede in den Strategien erkennbar. Erste Zusammenhänge zwischen visueller Strategie und Lernendenvorstellungen konnten ebenfalls gefunden werden. Mit der Analyse der weiteren Aufgaben werde die Strategien noch weiter ausgearbeitet. Durch die Pilotierung konnten aus dem Aufgabenpool ungeeignete Aufgaben ausgeschlossen oder verändert werden, um eine bessere Passung zur Methode zu gewährleisten. Die bisherigen Analysen zeigen aber auch, dass für die Haupterhebung eine Ausweitung Erklärungen und Begründungen wünschenswert wäre, um einen noch genaueren Einblick in die Vorstellungen der Lernenden zu erhalten. Hierfür wäre auch ein retrospektives lautes Denken mit der Zuhilfenahme von Gazeplots vorstellbar.

## Literatur

- Erlebach, R., & Frank, C. (2022). Rolle des Vorwissens beim Lernen mit externalen Repräsentationen. *Unterrichtswissenschaft*, 50(3), 479-516. <https://doi.org/10.1007/s42010-022-00143-0>
- Gegenfurtner, A. (2020). Professional vision and visual expertise. University of Regensburg.
- Gegenfurtner, A., Gruber, H., Holzberger, D., Keskin, Ö., Lehtinen, E., Seidel, T., Stürmer, K., & Säljö, R. (2022). Towards a Cognitive Theory of Visual Expertise: Methods of Inquiry. In C. Damsa, A. Rajala, G. Ritella, & J. Brouwer (Eds.), *Re-theorizing learning and research methods in learning research*.
- Mayer, R. E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2 ed., pp. 43-71). Cambridge University Press.
- 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.
- Rau, M. A. (2017). Conditions for the Effectiveness of Multiple Visual Representations in Enhancing STEM Learning. *Educational Psychology Review*, 29(4), 717-761.
- Schnotz, W. (2014). Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2 ed., pp. 72-103). Cambridge University Press. <https://doi.org/DOI:10.1017/CBO9781139547369.006>
- Tobii Pro AB (2014). Tobii Pro Lab (Version 1.217) [Computer software]. Danderyd, Sweden: Tobii Pro AB.
- Wilhelm, T., & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zum elektrischen Stromkreis. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, & R. Duit (Eds.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (pp. 115-138). Springer Berlin Heidelberg.