

Bianca Watzka¹
 Christoph Hoyer¹
 Bernhard Ertl²
 Raimund Girwidz¹

¹Ludwig-Maximilians-Universität München
²Universität der Bundeswehr München

Wirkung visueller und auditiver Hinweise in Videos zu Wirbelströmen

Abstract

Vor allem unerfahrene Lernende haben oft Schwierigkeiten, relevante Informationen in visuellen Darstellungen zu erkennen. Visuelle und auditive Hinweise können Darstellungen ergänzen und deren kognitive Verarbeitung unterstützen. Bisher ist aber offen, wie groß der Einfluss des Hinweisformats auf die Verarbeitung der Darstellungen ist. Das Ziel dieser Studie ist, den Anteil der Varianzen in den Lernergebnissen herauszufinden, der durch das von visuellen und auditiven Hinweisen gesteuerte Blickverhalten erklärt werden kann.

Dazu wurden zwei Videos von Wirbelstromexperimenten mit Hinweisen erstellt. Die Hinweise erschienen entweder visuell als Textfelder und Hell-Dunkel-Kontraste oder auditiv als gesprochener Text. An der Studie nahmen 40 Lehramtsstudierende der Physik teil, die zufällig der Gruppe mit visuellen Hinweisen oder der Gruppe mit auditiven Hinweisen zugeteilt wurden. Ein Eye-Tracker zeichnete die Blickbewegungen der Probanden auf. Die Vor- und Nachtestung erfolgte durch Fragebögen, in denen u.a. die Erinnerung an Aufbau und Durchführung der Experimente erfasst wurde.

Die Auswertung der Daten erfolgte mit *t*-Tests und der Analyse hierarchischer Regressionsmodelle, in die Größen der Blickbewegungen schrittweise eingingen. Probanden der Gruppe mit auditiven Hinweisen konzentrierten ihre Blicke nicht nur signifikant häufiger und länger auf das im Video gezeigte Experiment als die Probanden der Gruppe mit visuellen Hinweisen, sie gaben auch signifikant mehr Geräte in der Beschreibung und Skizze des Aufbaus korrekt an. Entsprechend erklärt das Hinzunehmen der Anzahl der Fixationen auf das Experiment als unabhängige Variable im Regressionsmodell den größten Anteil an Varianzen in der Angabe von Geräten / Bauteilen und in der Angabe der korrekten Gerätebezeichnung.

Die Ergebnisse dieser Studie legen nahe, visuelle physikalische Darstellungen am besten durch auditive Hinweise zu ergänzen, damit relevante Informationen häufiger wahrgenommen und dadurch besser erinnert werden.

Theorie

Hegarty, Carpenter und Just (1991) klassifizieren visuelle Darstellungen in drei Kategorien, die visuelle Darstellungen nach ihrem Informationsgehalt und Abstraktionsgrad unterscheiden. Für diese Studie ist ausschließlich Kategorie 1 relevant. Sie enthält alle bildhaften Darstellungen, die eine getreue Abbildung des Originals sind, wie etwa Fotos von Versuchsaufbauten. Solche Darstellungen ermöglichen das Wahrnehmen und Wiedererkennen von Informationen (Weidenmann, 1994) und sie gelten aufgrund ihrer Ähnlichkeit zum Original als leicht verständlich (Peeck, 1993). Obwohl Darstellungen dieser Kategorie Informationen leicht zugänglich anbieten, tun sich vor allem unerfahrene Lernende schwer zwischen relevanten und irrelevanten Informationen zu unterscheiden (Ainsworth, 2006; Rosengrant, Etkina, & van Heuvelen, 2007; Canham & Hegarty, 2010; Wagner, Manogue, Thompson, Rebello, Engelhardt, & Singh, 2012; Glaser & Schwan, 2015; Bollen, van Kampen, Baily, Kelly, & de Cock, 2017). Abhilfe können inhaltliche und aufmerksamkeitssteuernde Hinweise schaffen.

Gemäß dem Signalisierungsprinzip werden Informationen von multimedialen Lernmaterialien besser zugänglich, wenn Hinweise die Aufmerksamkeit des Betrachters auf die relevanten

Informationsbereiche im Lernmaterial lenken (van Gog, 2014). Hinweise können visuell durch beispielsweise farbliche Hervorhebungen oder auditiv durch zum Beispiel sprachliche Betonungen gegeben werden. Zahlreiche Ergebnisse von Studien belegen die aufmerksamkeitssteuernde Wirkung visueller Hinweise. Die Ergebnisse von Eye-Tracker-Studien zeigen, dass solche Hinweise zu kürzeren Suchzeiten sowie längeren und häufigeren Betrachtungszeiten von relevanten Informationen führt (z.B. Jamet, Gavota, & Quaireau, 2008; Boucheix & Lowe, 2010; de Koning, Tabbers, Rikers, & Paas, 2010; Jarodzka, van Gog, Dorr, Scheiter, & Gerjets, 2013; Scheiter & Eitel, 2015; Reisslein, Johnson, & Reisslein, 2015; Xie, Mayer, Wang, & Zhou, 2019).

Weniger eindeutig ist die Studienlage bezüglich der lernförderlichen Wirkung visueller Hinweise (Xie et al., 2019). Zwar geht beispielsweise der Einsatz von farblichen Hervorhebungen (z.B. Reisslein et al., 2015) oder Hell-Dunkel-Kontrasten (z.B. de Koning et al., 2010) mit besseren Lernergebnissen einher. Auf die Verwendung von Pfeilen trifft dies aber nicht zu. Beispielsweise zeigen die Ergebnisse von Kriz und Hegarty (2007), dass Pfeile zwar die Aufmerksamkeit auf die relevanten Bereiche im Lernmaterial lenken, aber nicht zum besseren Verständnis beitragen.

Die Studienlage zur Wirkung auditiver Hinweise auf die Steuerung der Aufmerksamkeit und den Lernerfolg ist deutlich kleiner. Glaser und Schwan (2015) weisen z.B. positive Effekte von gesprochenen Zusatzinformationen auf die Aufmerksamkeit und die Lernleistung der Betrachter nach. Die Ergebnisse von Xie et al. (2019) zeigen ebenfalls, dass auditive Hinweise die Aufmerksamkeit steuern und dass Kombinationen aus visuellen und auditiven Hinweisen nicht nur die Aufmerksamkeit, sondern auch die Lernergebnisse verbessern.

Forschungsfragen (Auswahl)

- FF 1: Ist die Anzahl der Fixationen von relevanten Informationen in der Gruppe, die Videos mit auditiven Hinweisen ansieht, größer als in der Gruppe, die Videos mit visuellen Hinweisen betrachtet?
- FF 2: Welcher Anteil der Varianzen der Lernergebnisse wird jeweils durch die Blickdauer, welcher durch die Anzahl der Fixationen und welcher durch die Zeiten vom Erscheinen der Hinweise bis zu den ersten Fixationen erklärt?

Methodik

An der Studie nahmen 40 Lehramtsstudierende der Physik teil. Die Teilnehmenden wurden völlig zufällig den beiden Versuchsbedingungen (Videos mit visuellen Hinweisen vs. Videos mit auditiven Hinweisen) zugeteilt und einzeln unter Laborbedingungen getestet. Der Studie lag ein Pre-Post-Design zugrunde. Nach dem Pre-Test, erfolgte die Einstellung und Kalibrierung des Eye-Trackers. Anschließend wurde das Video zur Wirbelstromscheibenbremse am Computer betrachtet, während der Eye-Tracker die Blickbewegungen aufzeichnete. Danach wurde der Eye-Tracker erneut kalibriert und das Video zum Waltenhofen Pendel angesehen. Auch hier zeichnete der Eye-Tracker die Blickbewegungen während dem Ablaufen des Videos auf. Den Abschluss der Studie bildete der Post-Test.

Instruktionsmaterialien waren zwei Videos, die den Aufbau und die Durchführung von zwei Experimenten zu Wirbelströmen zeigten (Scheibenbremse und Waltenhofen Pendel). Beide Videos wurden durch den Einsatz von Hinweisen variiert (visuell vs. auditiv). In den Videos mit visuellen Hinweisen erschienen synchron zur Handlung erklärende Textfelder und Hell-Dunkel-Kontraste, welche die jeweils passenden Bereiche im Video hervorhoben. In den Videos mit auditiven Hinweisen wurden sowohl erklärende Informationen als auch aufmerksamkeitssteuernde Anweisungen gesprochen angeboten.

Messungen: Mit einem Eye-Tracker (Abtastrate: 120 Hz) erfolgte die Messung der Metriken für die Bestimmung der visuellen Aufmerksamkeit und der Informationssuche. Dazu heran-

gezogen wurden die Zeit vom Erscheinen der Hinweise bis zu deren ersten Fixationen, die Blickdauer auf Hinweise und das Experiment und die Anzahl der Fixationen von Hinweisen und vom Experiment. Der Pre-Test erfasste demografische Daten, das Vorwissen, das Interesse an Sachverhalten zu Wirbelströmen und die Motivation, sich mit Experimenten zu Wirbelströmen zu befassen. Der Post-Test prüfte die Lernergebnisse ab, wobei zwischen folgenden Kriterien differenziert wurde: (a) Angabe der Geräte, (b) Bezeichnung der Geräte, (c) Skizze und Beschreibung des Aufbaus und (d) Skizze und Beschreibung der Durchführung.

Auswertung: Zur Beantwortung der FF 1 wurde ein *t*-Test für unabhängige Stichproben gerechnet. Für FF 2 wurden hierarchische Regressionsmodelle analysiert. Dazu wurden die Regressionsmodelle separat nach den beiden Bedingungen berechnet und miteinander verglichen. Die Eye-Tracker-Metriken stellten die Prädiktoren dar. Sie wurden in drei Blöcken schrittweise in die Modelle aufgenommen. Die Lernergebnisse des Post-Tests wurden als abhängige Variable in die Modelle aufgenommen.

Ergebnisse (Auswahl)

FF 1: Die Anzahl der Fixationen auf das Experiment ist in der Gruppe, die Videos mit auditiven Hinweisen betrachtete, signifikant größer als in der Gruppe, die Videos mit visuellen Hinweisen ansah ($t(38) = 8.204$; $p < .001$; $r = 0.80$; $95\% CI = [9.677, 16.017]$). Auch die anderen Eye-Tracker-Metriken unterscheiden sich zwischen den Versuchsbedingungen signifikant voneinander.

FF 2: In keinem Modell ist die Zeit vom Erscheinen der Hinweise bis zu deren ersten Fixationen ein Prädiktor für das Lernergebnis. In Modellen der Gruppe mit visuellen Hinweisen, ist zudem auch die Blickdauer kein signifikanter Prädiktor für das Lernergebnis. Abhängig davon, welches Kriterium der Lernergebnisse als abhängige Variable in das Modell aufgenommen wird, ist aber eine Tendenz zu erkennen. So beeinflusst beispielsweise die Blickdauer auf Textfelder mit einem *p*-Wert von .079 die Streuung in den Lernergebnissen, bei denen es um die Bezeichnung der Geräte in der Beschreibung des Versuchsaufbaus geht. Die Anzahl der Fixationen erklärt 88 % der Varianzen der Lernergebnisse ($stand. \beta = .958$; $B = .256$; $t = 11.160$; $p < .001$; $95\% CI = [.207, .305]$). In Modellen der Gruppe mit auditiven Hinweisen, erklärt die Blickdauer auf das Experiment 17 % der Varianzen der Lernergebnisse ($stand. \beta = .514$; $B = .155$; $t = 2.409$; $p = .028$; $95\% CI = [.019, .291]$). Das Hinzunehmen der Anzahl an Fixationen als Prädiktor erklärt zusätzliche 70 % der Varianzen der Lernergebnisse ($stand. \beta = .873$; $B = .258$; $t = 9.295$; $p < .001$; $95\% CI = [.199, .317]$).

Resümee

Die Lernergebnisse lassen sich in hohem Maße durch die Anzahl der Fixationen des Experiments vorhersagen. Steigt diese Anzahl um 4 Fixationen an, so steigt auch die erreichte Punktzahl im Posttest um durchschnittlich einen Punkt an, was beispielsweise der korrekten Angabe eines Gerätes im Versuchsaufbau entspricht. Hinzu kommt, dass diese Fixationsanzahl in der Gruppe mit den Videos, die auditive Hinweise enthielten, größer ist als in der Vergleichsgruppe, die Videos mit visuellen Hinweisen betrachtete. Keinen Einfluss auf die Lernergebnisse hat die Zeit vom Erscheinen der Hinweise bis zu deren ersten Fixationen. Zwar sind diese Zeiten zwischen den Bedingungen signifikant verschieden voneinander, aber ein längeres visuelles Suchen blieb bei beiden Gruppen aus. Die Unterschiede in diesen Zeiten liegen vermutlich in der Art der Hinweise. So wurden beispielsweise in der Gruppe der Videos mit visuellen Hinweisen die Textfelder immer vor dem Experiment angesehen. Zusammengefasst erscheint es daher sinnvoll, die Aufmerksamkeit der Lernenden schon beim Betrachten von Experimentiervideos durch auditive Hinweise auf die Elemente des Experiments zu lenken und so eine große Anzahl an Fixationen dieser Elemente auszulösen.

Literatur

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: a conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183-198.
- Bollen, L., van Kampen, P., Baily, C., Kelly, M., & de Cock, M. (2017). Student difficulties regarding symbolic and graphical representations of vector fields. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 020109.
- Boucheix, J.-M. & Lowe, R. (2010). An eye tracking comparison of external pointing cues and internal continuous cues in learning with complex animations. *Learning and Instruction*, 20(2), 123-135.
- Canham, M.S. & Hegarty, M. (2010). Effects of knowledge and display design on comprehension of complex graphics. *Learning and Instruction*, 20(2), 155-166.
- de Koning, B.B., Tabbers, H.K., Rikers, R.M., & Paas, F. (2010). Attention guidance in learning from complex animation: seeing is understanding?. *Learning and Instruction*, 20(2), 111-122.
- Glaser, M. & Schwan, S. (2015). Explaining pictures: how verbal cues influence processing of pictorial learning material. *Journal of Educational Psychology*, 107(4), 1006-1018.
- Hegarty, M., Carpenter, P. A., & Just, M. A. (1991). Diagrams in the comprehension of scientific texts. In R. Barr, M. Kamil, P. B. Mosenthal, & P. D. Pearson (Eds.), *Handbook of reading research: Vol. 2* (pp. 641-668). New York: Longman.
- Jamet, E., Gavota, M., & Quaireau, C. (2008). Attention guiding in multimedia learning. *Learning and Instruction*, 18(2), 135-145.
- Jarodzka, H., van Gog, T., Dorr, M., Scheiter, K., & Gerjets, P. (2013). Learning to see: Guiding students' attention via a Model's eye movements fosters learning. *Learning and Instruction*, 25, 62-70.
- Kriz, S., & Hegarty, M. (2007). Top-down and bottom-up influences on learning from animations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 65, 911-930.
- Peeck, J. (1993). Increasing Picture Effects in Learning From Illustrated Text. *Learning and Instruction*, 3(3), 227-238.
- Reisslein, J., Johnson, A.M., & Reisslein, M. (2015). Color coding of circuits quantities in introductory circuit analysis instruction. *Transactions on Education*, 58(1), 7-14.
- Rosengrant, D., Etkina, E., & van Heuvelen, A. (2007). An overview of recent research on multiple representations. Paper presented at the Physics Education Research Conference 2006, Syracuse, New York.
- Scheiter, K. & Eitel, A. (2015). Signals foster multimedia learning by supporting integration of highlighted text and diagram elements. *Learning and Instruction*, 36, 11-26.
- van Gog, T. (2014). The signaling (or cueing) principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed., pp. 263-278). New York, NY: Cambridge University Press.
- Wagner, J.F., Manogue, C.A., Thompson, J.R., Rebello, N.S., Engelhardt, P.V., & Singh, C. (2012). Representation issues: using mathematics in upper-division physics. *AIP Conf. Proc.* 1413, 89.
- Weidenmann, B. (1994). *Wissenserwerb mit Bildern. Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen*. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Hans Huber Verlag.
- Xie, H.; Mayer, R.; Wang, F., & Zhou, Z. (2019). Coordinating Visual und Auditory Cueing in Multimedia Learning. *Journal of Educational Psychology*, 111(2), 235-255.