

Diagrammverständnis in verschiedenen Kontexten: Vergleich der Augenbewegungen zwischen Physikern und Nicht-Physikern mittels Eye-Tracking

Das Verständnis von Graphen und der adäquate Umgang damit spielt eine wichtige Rolle im Physikunterricht und in den anderen MINT-Fächern. Kürzlich verglichen Susac *et al.* (2018) das Verständnis verschiedener Diagrammkonzepte (Steigung, Fläche) mit unterschiedlichen Anforderungen (qualitativ, quantitativ) von Physik- und Psychologiestudierenden in zwei verschiedenen Kontexten (Physik [Kinematik] und Finanzen [Kosten und Mengen]). Die Autoren konstruierten parallele Itemsets und zeigten, dass die Physiker in beiden Inhaltsdomänen signifikant besser abschnitten und dass alle Studierenden die Steigungsaufgaben besser lösten als die Flächenaufgaben. Während dem Problemlösen erhoben die Autoren die Blickdaten der Studierenden mittels Eye-Tracking. Die hohe Überlegenheit der Physiker gegenüber den Psychologiestudierenden – der Anteil korrekt gelöster Aufgaben unterschied sich bei einigen Aufgabentypen um bis zu 50% – führten die Autoren u.a. darauf zurück, dass die Physikstudierende mehr Zeit auf den Diagrammen verbrachten. Sie fassten dieses Ergebnis als Indiz für eine höhere kognitive Aktivität beim Arbeiten mit Diagrammen auf.

Da die Ergebnisse anderer Eye-Tracking Studien darauf hindeuten, dass die Verweildauer auf visuellen Stimuli alleine keine Leistungsdiskrimination erlaubt (Klein *et al.*, 2018; Han *et al.*, 2017), führten wir eine Replikationsstudie mit gleichem Material durch, um Susac's Ergebnisse zu prüfen und eine Datenbasis zu schaffen, die tiefere Datenauswertungen ermöglicht. Dabei untersuchten wir Studierende der Wirtschaftswissenschaften statt der Psychologie, um eine Symmetrie zwischen den Kontexten (Physik und Finanzen) und Untersuchungsgruppen herzustellen.

Eye-Tracking Studien zu Kinematik-Graphen

Um Prozessdaten von Lernenden bei der Lösung von Aufgaben zu untersuchen, hat sich Eye-Tracking als leistungsstarke Methode erwiesen, die die empirische Forschung mit einer Datenquelle zur visuellen Aufmerksamkeit ergänzt (Holmqvist *et al.*, 2011). Bisherige Eye-Tracking-Studien zum Verständnis kinematischer Graphen wiesen einen Zusammenhang zwischen visuell-räumlichen Fähigkeiten von Lernenden und dem Graphenverständnis nach (Kozhevnikov, Motes, & Hegarty, 2007). In diesem Kontext hat Madsen gezeigt, dass Schüler, die eine Frage richtig beantwortet haben, sich länger auf spezifische relevante Bereiche eines Diagramms wie die Achsen konzentrieren (Madsen *et al.*, 2012). Ihre Ergebnisse legen auch nahe, dass die Vorerfahrung mit einem Thema den Fokus auf die wichtigen Regionen verstärken kann (Madsen *et al.*, 2013). Umgekehrt kann angenommen werden, dass sich die in der Literatur gut untersuchten und hinlänglich bekannten Lernschwierigkeiten und Missverständnisse beim Umgang mit Graphen (z.B. die Punktintervallkonfusion (Beichner, 1994; Leinhardt, Zaslavsky, & Stein, 1990)) in bestimmten Augenbewegungsmustern und Aufmerksamkeitsverteilungen widerspiegelt, die zu konzeptionell irrelevanten Bereichen verschoben sind. Erste Ansätze darüber berichtete Kekule, die die Verteilung der visuellen Aufmerksamkeit zwischen Studenten mit der besten und der schlechtesten Leistung verglich, während diese den TUG-K bearbeiteten (Kekule, 2014).

Forschungsfrage

In einer Replikationsstudie (Klein *et al.*, 2019) konsolidierten wir die Ergebnisse der ursprünglichen Arbeit von Susac *et al.* Darüber hinaus wird in diesem Beitrag folgende Forschungsfrage bearbeitet: *Können etwaige Leistungsunterschiede zwischen den Untersu-*

chungsgruppen auf unterschiedliche Verteilungen der visuellen Aufmerksamkeit zurückgeführt werden, die mit typischen Lernschwierigkeiten assoziiert sind?

Material

Es wurden acht Single-Choice Aufgaben verwendet, die lineare Graphen zeigten und das Verständnis des Steigungs- und Flächenkonzepts prüften. Die vier möglichen Kombinationen aus Konzepten (Steigung/Fläche) und Fragetyp (qualitativ / quantitativ) wurden in beiden Kontexten (Physik/Finanzen) präsentiert, siehe Abb.1 für ein Beispiel.

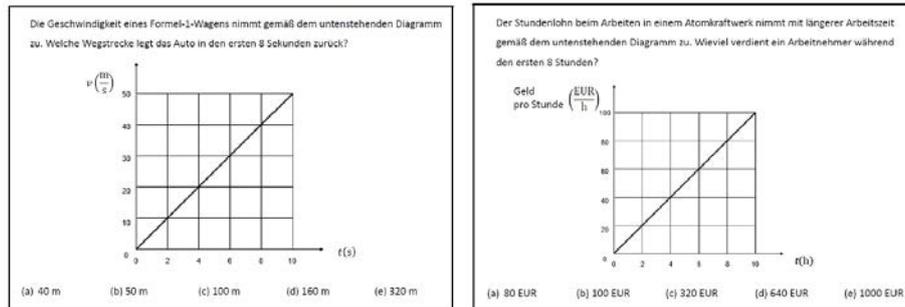


Abbildung 1: Isomorphes Aufgabenpaar zur quantitativen Bestimmung der Fläche unter der Kurve im Kontext Physik (links) bzw. Finanzen (rechts). Die Aufgabenseiten beinhalten die AOIs „Frage“ (oben), „Graph“ (mittig) und Optionen („unten“).

Stichprobe und Design

An der Studie nahmen 69 Studierende teil, davon 29 Erstsemester-Physikstudierende von der TU Kaiserslautern und 40 Wirtschaftswissenschaften(WiWi)-Studierende von der JGU Mainz. Die meisten Physikstudierenden besuchten einen Physikkurs in der gymnasialen Oberstufe (89%), während dies nur auf die wenigsten WiWi-Studierende zutraf (16%). Die Studie fand zu Beginn des Semesters statt, bevor die fachlichen Inhalte (Kinematik) thematisiert wurden, sodass davon ausgegangen werden kann, dass die Physikstudierenden auf ihr schulisches Wissen zurückgegriffen haben, um die Aufgaben zu lösen. Die WiWi-Studierenden waren bis zum Studienzeitpunkt nicht mit solchen oder ähnlichen Graphen im Studium konfrontiert, schlossen aber mindestens einen finanzwirtschaftlichen Kurs erfolgreich ab. Alle Studierenden bearbeiteten alle acht Aufgaben in randomisierter Reihenfolge an einem Computer, während ein Eye Tracker (tobii X3-120) die Blickbewegungen aufzeichnete. Dies nahm etwa 30 Minuten in Anspruch und wurde mit 10€entschädigt.

Datenanalyse

Als Leistungsindikatoren werden die Anteile richtig gelöster Aufgaben berichtet und gruppenweise varianzanalytisch verglichen. Zur Analyse der Aufmerksamkeitsverteilungen wurde neben den AOIs „Frage“, „Graph“ und „Optionen“ (Abb. 1) auch ein Array aus quadratischen AOIs (Areas of Interest) über die präsentierten Diagramme (Bereich „Graph“) gelegt und die Anzahl der Fixationen in den einzelnen AOIs gezählt. Diese Daten wurden anhand der Gesamtzahl Fixationen personenweise normiert und die Mittelwertdifferenz zwischen beiden Untersuchungsgruppen verglichen. Die resultierenden Differenzen wurden der Größe nach geordnet, gemäß ihrer Amplitude farblich kodiert und transparent über den originären Stimulus gelegt, um Gruppenunterschiede räumlich aufzulösen (Differenzplot (Klein et al., 2019)).

Ergebnisse

Das Hauptergebnis der Aufgabenbearbeitung ist in Abbildung 2 (links) dargestellt. Eine 2x2 ANOVA mit Gruppe als Zwischensubjektfaktor ergab einen signifikanten Haupteffekt der Gruppe (die Physikstudierenden bearbeiteten die Diagramm-Aufgaben insgesamt besser als die WiWi-Studierenden; $F[1,266]=21.9$, $p<0.001$, $\eta^2=0.10$) sowie einen sign. Haupteffekt

des Faktors Kontext (Physik-Aufgaben wurden besser bearbeitet als Finanzaufgaben; $F[1,266]=10.3$, $p<0.001$, $\eta^2=0.05$) aber keinen Interaktionseffekt. Überraschenderweise gab es trotz den Gruppenunterschieden bzgl. der Leistung keine Unterschiede in der Verweildauer auf den Aufgaben, weder insgesamt noch auf einzelnen Elementen (siehe Abbildung 2, rechts), wodurch die Ergebnisse der Studie von Susac *et al.* nicht bestätigt werden können.

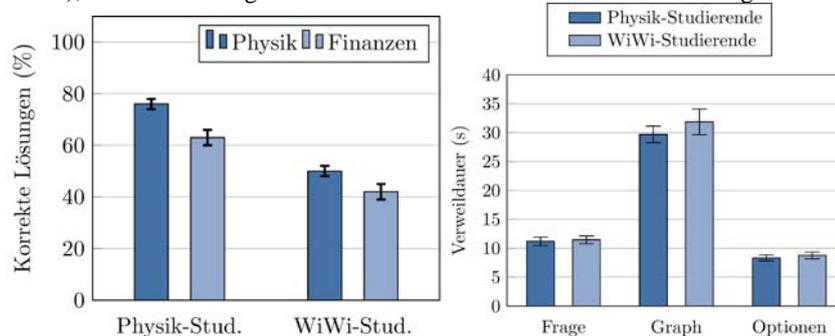


Abbildung 2: Deskriptive Daten über die Korrektheit der Antworten nach Kontext und Gruppe (links) und über die Zeitdauer auf verschiedenen Aufgabenelementen (vgl. Abb. 1).

Die Differenzplots zeigen unterschiedliche Aufmerksamkeitsverteilungen zwischen den WiWi- und Physikstudierenden. Während WiWi-Studierende vor allem auf die Bereiche des Graphen schauten, die durch die Aufgabenstellung hervorgehoben wurde (Oberflächenmerkmale; z.B. „die ersten drei Zeiteinheiten“ in Abb. 3), betrachten Physikstudierende die Abbildung als Ganzes (G105, G47, G24) oder fokussieren konzeptionell relevante Bereiche (Punkte zur Bildung von Intervallgrenzen in Abb. 3 rechts, G85, G63 statt G120).

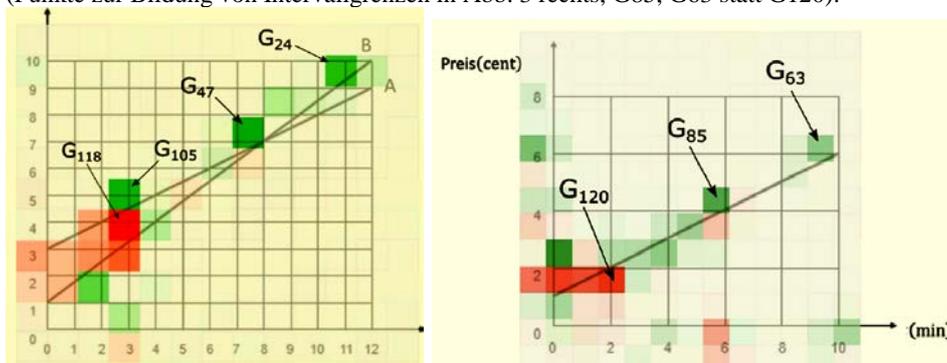


Abbildung 3: Die Differenzplots stellen Bereiche, die häufiger von Physikstudierenden (WiWi-Stud.) betrachtet werden grün (rot) dar. Die Aufgaben verlangen den Vergleich der Steigungen der Kurven innerhalb der ersten 3 Zeiteinheiten (links) bzw. Bestimmung der Steigung (rechts).

Diskussion

Die Ergebnisse reichern die Befundlage zum Vergleich des Diagrammverständnisses in verschiedenen Kontexten und Studierendengruppen an. Da auch Physikstudierende Leistungsabfälle beim Kontextwechsel zeigen, sollte im Unterricht / in der Hochschule verstärkt Wert auf einen flexibleren Umgang mit mathematischen Methoden gelegt werden, um die Flexibilität zu schulen. Ferner trägt die Methode des Differenzplots bei, Gruppenunterschiede bzgl. der Aufmerksamkeitsverteilung – bspw. zwischen Physikern und Nicht-Physikern – sichtbar zu machen, einen Zusammenhang zwischen dem Betrachten relevanter Gebiete einer Repräsentation und erfolgreichem Problemlösen herzustellen und kann somit bei weniger erforschten Repräsentationen für die Detektion von Lernschwierigkeiten dienlich sein.

Literatur

- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs, *American journal of Physics*, 62, 750-762).
- Han, J., Chen, L., Fu, Z., Fritchman, J., Bao, L. (2017). Eye-tracking of visual attention in web-based assessment using the Force Concept Inventory, *European Journal of Physics* 38, 045702.
- Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., van de Weijer, J. (2011). *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*, OUP Oxford.
- Kekule, M. (2014). Students' approaches when dealing with kinematics graphs explored by eye-tracking research method, *Proceedings of the frontiers in mathematics and science education research conference, FISER* (pp. 108-117).
- Klein, P., Küchemann, S., Brückner, S., Zlatkin-Troitschanskaia, O., and Kuhn, J. (2019). Student understanding of graph slope and area under a curve: A replication study comparing first-year physics and economics students, *Physical Review Physics Education Research*, 15020116.
- Klein, P., Viiri, J., Mozaffari, S., Dengel, A., and Kuhn, J. (2018). Instruction-based clinical eye-tracking study on the visual interpretation of divergence: How do students look at vector field plots?, *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 010116.
- Kozhevnikov, M., Motes, M. A., and Hegarty, M. (2007). Spatial visualization in physics problem solving, *Cognitive Science* 31.4, 549-579.
- Leinhardt, G., Zaslavsky, O. and Stein, M. K. (1990). Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching, *Rev. Educ. Res.* 60, 1.
- Madsen, A. M., Larson, A. M., Loschky, L. C., and Rebello, N. S. (2012). Differences in visual attention between those who correctly and incorrectly answer physics problems, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* 8, 010122.
- Madsen, A., Rouinfar, A., Larson, A. M., Loschky, L. C., and Rebello, N. S. (2013). Can short duration visual cues influence students' reasoning and eye movements in physics problems?, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* 9, 020104.
- Susac, A., Bubic, A., Kazotti, E., Planinic M., and Palmovic, M. (2018). Student understanding of graph slope and area under a graph: A comparison of physics and nonphysics students, *Physical Review Physics Education Research*, 14(2), 020109.