

SIROCK, Julia; VOGEL, Markus; BRUCKMAIER, Georg & KRAUSS, Stefan

Pädagogische Hochschule Heidelberg, Pädagogische Hochschule Heidelberg, Pädagogische Hochschule FHNW, Universität Regensburg

Präferenzen bei Visualisierungen von Bayesianischen Aufgaben - eine Eyetracking-Studie

Das Lösen Bayesianischer Aufgaben erfordert das anspruchsvolle Umgehen mit bedingten Wahrscheinlichkeiten, was häufig mit Schwierigkeiten und fehlerhaften Schlussfolgerungen verbunden ist. Es gibt zahlreiche empirisch gestützte didaktische Ansatzpunkte, wie Bayesianisches Denken gefördert werden kann, bspw. indem die statistischen Informationen im Häufigkeits- statt im Wahrscheinlichkeitsformat präsentiert werden. Hinsichtlich der zusätzlichen Unterstützung durch Visualisierungen wie Vierfeldertafeln oder Baumdiagramme gibt es jedoch noch Forschungsdesiderate. So ist bspw. noch unklar, ob und welche Visualisierungen gegenüber rein textuellen Darstellungen überhaupt bevorzugt werden. Die vorliegende Studie untersucht solche Präferenzen mittels der Methoden Eyetracking und Think-aloud.

Bayesianisches Denken und Visualisierungen

Bayesianisches Denken spielt in vielen Domänen wie bspw. Medizin oder in der Rechtsprechung (Bruckmaier et al., 2021) eine große Rolle. In der Medizin etwa müssen Ärzt*innen die Prävalenz einer Krankheit mit der Sensitivität und Spezifität eines Tests kombinieren, um ein medizinisches Testergebnis richtig deuten zu können. Trotz der hohen Relevanz unterliegt die diesbezügliche menschliche Urteilsbildung gegenüber der rechnerisch korrekten Lösung (z.B. mittels Satz von Bayes) oft gravierenden Verzerrungen.

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass bereits die Art der numerischen Repräsentation eine bedeutende Rolle für die Korrektheit der Urteilsbildung spielt. So führt die das Informationsformat der natürlichen Häufigkeiten (z.B. "80 von 100") anstelle von Wahrscheinlichkeiten (z.B. "80 %") zu einer deutlich höheren Lösungsrate (Gigerenzer & Hoffrage, 1995). Zudem werden verschiedene Visualisierungen als zusätzliche Unterstützungsmöglichkeit intensiv empirisch untersucht. Im Fokus stehen dabei häufig das Baumdiagramm (inkl. Doppelbaum) sowie die Vierfeldertafel oder deren Weiterentwicklung zum Einheitsquadrat. So konnten bspw. Binder et al. (2015) zeigen, dass sowohl die im Unterricht verbreiteten Vierfeldertafeln als auch Baumdiagramme auf das Lösen Bayesianischer Problemstellungen einen positiven Effekt haben, insbesondere wenn Häufigkeiten statt Wahrscheinlichkeiten eingetragen werden.

Bei der Unterstützung durch Visualisierungen sind einerseits deren Eigenschaften entscheidend, andererseits aber auch aufgabenspezifische und individuelle Faktoren (Bruckmaier et al., 2021). Rach (2021) bspw. untersuchte den Zusammenhang zwischen der Verwendung von Visualisierungen bedingter Wahrscheinlichkeiten im Unterricht mit den Präferenzen der Schüler*innen. Es zeigte sich, dass Schüler*innen das Baumdiagramm bevorzugen, gefolgt von der Vierfeldertafel. Das bislang noch wenig bekannte Einheitsquadrat fand keinen vergleichbaren Anklang. Zu Präferenzen und der Auswahl von Visualisierungen sowie zu diesbezüglichen Interaktionen mit der Performanz liegen nur wenig Forschungsergebnisse vor, insbesondere bei gleichzeitiger Verfügbarkeit rein textueller Darstellungen.

Die Auswahl von geeigneten Visualisierungen spielt ganz allgemein bei Problemlöseprozessen eine wichtige Rolle (Acevedo Nistal et al., 2012). Eine methodische Grenze bei diesbezüglichen Untersuchungen ist jedoch die valide Bestimmung, welche Visualisierung – z.B. aus einer vorgegebenen Auswahl – auch tatsächlich genutzt wird (ebd.). Rückschlüsse aus den oftmals hierfür ausgewerteten Notizen von Teilnehmenden sowie auch deren Selbstauskünfte sind aufgrund teilweise auch unbewusst ablaufender kognitiver Prozesse dabei nur bedingt aussagekräftig.

Bruckmaier et al. (2019) untersuchten bspw. im Kontext Bayesianischer Situationen die Blickbewegungen der Teilnehmenden mittels Eyetracking. Es zeigte sich, dass die Vierfeldertafel zu einer höheren Lösungsrate führte als das Baumdiagramm. Eine Untersuchung von Malone et al. (2020) in einem nicht-Bayesianischen mathematischen Problemkontext, in dem es um die Auswahl von Visualisierungen ging (inkl. einer reinen Textversion), ergab, dass bei der parallelen Präsentation von textuellen Informationen sowie Visualisierungen längere Fixationszeiten für die Visualisierungen als für den Text ermittelt wurden.

Fragestellungen

Im vorliegenden Beitrag wird die Präferenz verschiedener Informationsdarstellungen im Kontext Bayesianischer Aufgaben untersucht. Verglichen werden eine rein textuelle Darstellung mit einem Baumdiagramm und einer Vierfeldertafel. Die Fragestellungen lauten:

F1: Welches Darstellungsformat (Text vs. Baumdiagramm vs. Vierfeldertafel) wird bei der Lösung Bayesianischer Aufgaben bevorzugt?

F2: Hängt die Performanz von der Präferenz der zur Wahl gestellten Darstellungen ab (Text vs. Baumdiagramm vs. Vierfeldertafel)?

Während sich für F1 der Studie von Rach (2021) folgend als Hypothese eine Präferenz für Vierfeldertafel und Baumdiagramm gegenüber Text ableiten

lässt, wird F2 aufgrund uneindeutiger Befundlage explorativ untersucht.

Methode

Insgesamt nahmen 10 Studierende aller Fachrichtungen der Pädagogischen Hochschule Heidelberg und der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg teil (Alter: $M = 26,3$ Jahre; 73% weiblich). Die Aufnahmen wurden mit dem Eye-tracker Tobii Pro Fusion und einem 17 Zoll-Monitor durchgeführt.

Zu Beginn der Studie erfolgte für die Teilnehmenden eine Einführung in den Ablauf der Studie und den Aufbau der Stimuli, in denen zu einer Bayesianischen Problemstellung jeweils zwei der drei Darstellungen (Text, Baumdiagramm, Vierfeldertafel) als Informationsquelle präsentiert wurden. Während des Lösens der jeweils insgesamt 12 Aufgaben wurde laut gedacht (ausführliche Beschreibung des Designs siehe Sirock et al., in Vorb). So konnten die Teilnehmenden einerseits mündlich antworten (ohne zu schreiben), andererseits konnten die Blickbewegungen in Kombination mit dem Think-aloud-Prozess ausgewertet werden. Nach den Aufgaben bildete eine kurze Reflexion bzgl. der präferierten Visualisierung sowohl als freie Reproduktion als auch als stimulated recall (Schreiter & Vogel, 2023) den Abschluss.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen über alle Teilnehmenden hinweg eine relativ eindeutige Reihenfolge bzgl. der präferierten Darstellung (F1): Die meisten Teilnehmenden bevorzugen das Baumdiagramm, gefolgt von der Vierfeldertafel und schließlich dem Text. In den Think-aloud-Daten wurde als Begründung sehr häufig die bessere Strukturierung der Daten genannt. Abb. 1 illustriert exemplarisch die Präferenz eines Probanden für das Baumdiagramm.

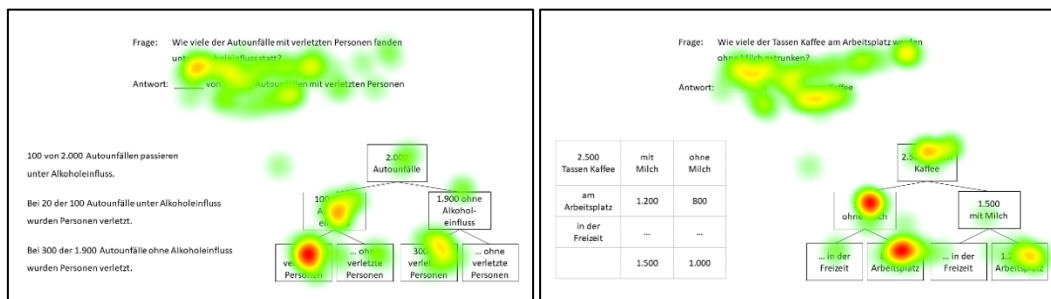


Abb. 1: Heat Maps zum Vergleich zwischen Text und Baumdiagramm (links) sowie Vierfeldertafel und Baumdiagramm (rechts)

Es zeigte sich, dass die präferierte Darstellung nicht immer mit der besten Performanz der Teilnehmenden zusammenhängt. Insgesamt ist F2 differenziert zu betrachten: Nur bei 6 der 10 Teilnehmenden ist die Performanz bei allen Visualisierungen gleich oder entspricht der Präferenz, während sich bei den anderen eine Differenz zwischen Präferenz und Performanz zeigt. So bevorzugten bspw. 3 von 6 Teilnehmenden das Baumdiagramm, zeigten bei

der Nutzung von Vierfeldertafel oder Text jedoch eine bessere Performanz.

Diskussion

Insgesamt konnte bestätigt werden, dass die Fixationszeiten bei den Visualisierungen deutlich länger sind als beim Text, aber es gibt hier auch Ausnahmen. Eine Erweiterung der Stichprobe wird im Februar 2024 stattfinden, so dass auf der Konferenz ggfs. validierte Ergebnisse berichtet werden können.

Ein direkt an diese Studie anknüpfendes Forschungsdesiderat ist die Untersuchung von möglichen Faktoren, von denen die Präferenz abhängig ist, wie bspw. mathematical oder statistical literacy, Persönlichkeitsmerkmale, Lesekompetenz oder räumliches Denken.

Literatur

- Acevedo Nistal, Ana; van Dooren, Wim; Verschaffel, Lieven (2012): What counts as a flexible representational choice? An evaluation of students' representational choices to solve linear function problems. *Instr Sci*, 40(6), S. 999–1019. DOI: 10.1007/s11251-011-9199-9.
- Binder, Karin; Krauss, Stefan; Bruckmaier, Georg (2015): Effects of visualizing statistical information - an empirical study on tree diagrams and 2×2 tables. *Frontiers in psychology* 6, S. 1186. DOI: 10.3389/fpsyg.2015.01186.
- Bruckmaier, Georg; Binder, Karin; Krauss, Stefan; Kufner, Han-Min (2019): An Eye-Tracking Study of Statistical Reasoning With Tree Diagrams and 2×2 Tables. *Frontiers in psychology* 10, S. 632. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.00632.
- Bruckmaier, Georg; Krauss, Stefan; Binder, Karin; Hilbert, Sven; Brunner, Martin (2021): Tversky and Kahneman's Cognitive Illusions: Who Can Solve Them, and Why? *Frontiers in psychology* 12, S. 584689. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.584689.
- Gigerenzer, Gerd; Hoffrage, Ulrich (1995): How to Improve Bayesian Reasoning Without Instruction: Frequency Formats. *Psychological Review*, 102(4), S. 684–704.
- Malone, Sarah; Altmeyer, Kristin; Vogel, Markus; Brünken, Roland (2020): Homogeneous and heterogeneous multiple representations in equation-solving problems: An eye-tracking study. *J Comput Assist Learn*, 36(6), S. 781–798. DOI: 10.1111/jcal.12426.
- Rach, Stefanie (2021): Visualisierungen bedingter Wahrscheinlichkeiten: Präferenzen von Schülerinnen und Schülern. *mathematica didactica*, Vol. 41 No. 1 (2018), 1-18. DOI: 10.18716/OJS/MD/2018.1371.
- Schreiter, Saskia; Vogel, Markus (2023): Eye-tracking measures as indicators for a local vs. global view of data. *Front. Educ.* 7, Artikel 1058150. DOI: 10.3389/educ.2022.1058150.
- Sirock, Julia; Bruckmaier, Georg; Vogel, Markus; Krauss, Stefan (in Vorb.): An eye-tracking study on preferences concerning visualizations of Bayesian tasks.