

## **Graphische Eigenschaften von Visualisierungen Bayesianischer Situationen**

### **1. Bayesianische Situationen**

Situationen, bei denen mit Hilfe der Formel von Bayes eine bedingte Wahrscheinlichkeit im Rückschluss bestimmt werden kann, nennt man auch Bayesianische Situationen. So lässt sich beispielsweise in der folgenden Situation berechnen, wie wahrscheinlich eine Frau mit positivem Testergebnis tatsächlich krank ist:

„10% der Frauen im Alter von vierzig Jahren, die an einer Studie teilnehmen, haben eine bestimmte Krankheit. 60% der Frauen mit der Krankheit haben ein positives Testergebnis. 20% der Frauen ohne Krankheit erhalten ebenfalls ein positives Testergebnis.“ (vgl. Johnson & Tubeau, 2015)

Für solche Situationen ist bekannt, dass sie der menschlichen Intuition zu widersprechen scheinen (Kahneman et al., 1982) und sogar bei Fachleuten wie Ärzten oder Juristen zu Fehlurteilen führen (Gigerenzer & Hoffrage, 1995).

Die Forschung ergab jedoch zwei Strategien, wie der Umgang mit Bayesianischen Situationen erleichtert werden kann, nämlich die Verwendung von natürlichen Häufigkeiten zur Repräsentation der statistischen Information (Gigerenzer & Hoffrage, 1995) sowie die Verwendung von Visualisierungen (z.B. McDowell und Jacobs, 2017). Abgesehen von einer allgemeinen Einschätzung („visual aids can help boost performance“, McDowell & Jacobs, 2017, S. 1), ist es bisher noch eine offene Frage, welche graphischen Eigenschaften von Visualisierung genau unter welchen Bedingungen hilfreich sind. Im Folgenden stellen wir hierzu die wichtigsten Hypothesen aus der kognitionspsychologischen Forschung dar.

### **2. Graphische Eigenschaften von Visualisierungen**

In der kognitionspsychologischen Forschung lassen sich drei Hauptideen über günstige grafische Eigenschaften von Visualisierungen identifizieren:

#### *Die Darstellung diskreter Objekte*

Aus Gründen der „Ökologischen Rationalität“ (Gigerenzer, 2018) wird angenommen, dass solche Darstellungen der statistischen Information günstig sind, die den in der Realität stattfindenden Samplingprozess imitieren. Vertreter dieses Ansatzes sind deswegen der Meinung, dass die Darstellung von diskreten, zählbaren Objekten hilfreich ist (z.B. Brase, 2014) und schlagen

zum Beispiel Icon arrays vor (siehe auch Abb. 1 b, wobei hier zusätzlich die Felder durch Linien abgegrenzt sind). Für solche Visualisierungen wurden günstige Effekte beobachtet z.B. in Brase (2014).

### *Flächenproportionale Darstellungen*

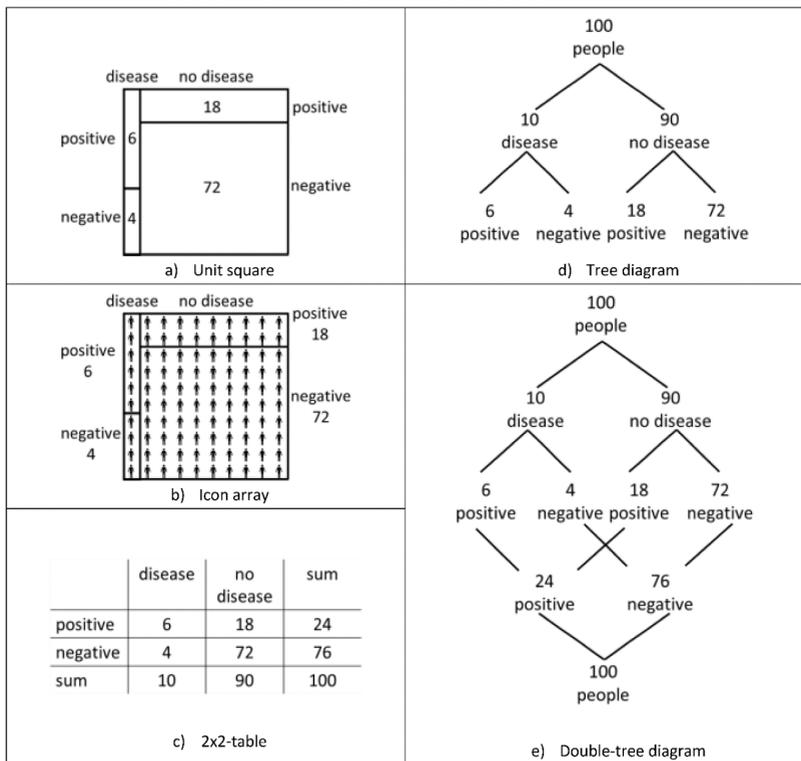
Eine zweite Idee zu günstigen graphischen Eigenschaften von Visualisierungen bezieht sich auf die flächenproportionale Darstellung statistischer Informationen (Micallef et al., 2012. Für ein Beispiel einer Visualisierung, siehe Abb. 1a). Theoretische Argumente, die diesen Ansatz stützen, werden häufig aus mathematischen Überlegungen heraus formuliert: „Rectangular areas correspond to probabilities and can be used to calculate their numerical value and to determine the Bayes relation” (Oldford, 2003, p. 1). Günstige Effekte von flächenproportionalen Darstellungen konnten z.B. in einer Studie von Tsai et al. (2011) beobachtet werden.

### *Graphische Transparenz verschachtelter Mengen (nested sets)*

Ein dritter theoretischer Ansatz ist der sogenannte *nested-sets account*, der von folgender Hypothese ausgeht: „any manipulation that increases the transparency of the nested-sets relation should increase correct responding” (Sloman et al., 2003, p. 302). Wird demnach eine Visualisierung verwendet, die die verschachtelte Teilmengenstruktur Bayesianischer Situationen transparent macht, so sollte sich das günstig auf die Lösungshäufigkeit auswirken. In einer eigenen Studie mit 148 Studierenden des Lehramts konnten wir nachweisen, dass Teilmengenbeziehungen in Einheitsquadraten (siehe Abb. 1a) besser erkannt werden als in Baumdiagrammen (siehe Abb. 1d) (Böcherer-Linder & Eichler, 2017). Als Folge davon waren die Lösungshäufigkeiten in Bayesianischen Situationen bei Visualisierung der statistischen Information mit Einheitsquadraten höher als mit Baumdiagrammen (ebd.).

## **3. Überlegungen für einen experimentellen Vergleich**

Im Fokus steht die Frage, welche der drei genannten graphischen Eigenschaften, *Darstellung diskreter Objekte*, *Flächenproportionalität* oder *graphische Transparenz von nested sets* besonders günstig ist für die Lösungshäufigkeit bei Bayesianischen Situationen. Zunächst erscheint es naheliegend, in einem 2x2x2-Design diese drei Eigenschaften systematisch zu vergleichen. Jedoch sind nicht alle Kombinationen sinnvoll, z.B. haben wir keine Visualisierung gefunden, die flächenproportional ist, ohne dabei auch graphisch *nested sets* transparent zu machen. Ein weiterer Grund, der gegen einen systematischen Vergleich in einem 2x2x2-Design spricht, ist die Tatsache, dass es eine Vielzahl von Visualisierungen unterschiedlicher graphischer Stile gibt (vgl. Khan et al., 2015), die sich in mehr Aspekten als allein den drei genannten Eigenschaften unterscheiden.



**Abb. 1:** Visualisierungen der statistischen Information des Eingangsbeispiels auf Basis einer Stichprobe von 100 Personen.

Als Beispiel kann hier der Vergleich der Vierfeldertafel (siehe Abb. 1c) und des Doppelbaumes (siehe Abb. 1e) dienen, die beide keine diskreten Objekte enthalten, beide nicht flächenproportional sind und beide über eine graphische Transparenz von *nested sets* verfügen. Jedoch weisen sie eine deutlich unterschiedliche graphische Gestalt auf. Schnotz & Bannert (2003) jedoch zeigten, dass unterschiedliche graphische Gestalt von Visualisierungen zu unterschiedlichen mentalen Modellen der Problemsituationen führen können und dass dies unterschiedliche Performanzen zur Folge haben kann. Wir haben uns deswegen entschlossen, die drei genannten graphischen Eigenschaften in einem paarweisen Vergleich zweier graphisch möglichst ähnlicher Visualisierungen, die sich jedoch in der betreffenden Eigenschaft unterscheiden, zu untersuchen. Als Ergebnis dieser Überlegungen stellen wir für einen Vergleich der in Abb.1 gezeigten Visualisierungen folgende Hypothesen

auf, die experimentell mittels Aufgaben im Häufigkeitsformat überprüft werden sollen:

H<sub>1</sub>: Das Icon-array ist günstiger als das Einheitsquadrat für die Lösung Bayesianischer Aufgaben (aufgrund der Darstellung diskreter Objekte).

H<sub>2</sub>: Das Einheitsquadrat ist günstiger als die Vierfeldertafel für die Lösung Bayesianischer Aufgaben (aufgrund der Flächenproportionalität).

H<sub>3</sub>: Der Doppelbaum ist günstiger als das Baumdiagramm für die Lösung Bayesianischer Aufgaben (aufgrund der Transparenz der nested sets).

## Literatur

- Böcherer-Linder, K. & Eichler, A. (2017). The impact of visualizing nested sets. An empirical study on tree diagrams and unit squares. *Frontiers in psychology* 7, 2026.
- Brase, G. L. (2014). The power of representation and interpretation: doubling statistical reasoning performance with icons and frequentist interpretations of ambiguous numbers. *J. Cogn. Psychol.* 26, 81–97.
- Kahneman, D., Slovic, P. & Tversky, A. (Hrsg.) (1982). *Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnson, E. D., & Tubau, E. (2015). Comprehension and computation in Bayesian problem solving. *Frontiers in psychology*, 6, 938.
- Khan, A., Breslav, S., Glueck, M. & Hornbæk, K. (2015). Benefits of visualization in the Mammography Problem. *International Journal of Human-Computer Studies*, 83, 94–113.
- McDowell, M. & Jacobs, P. (2017). Meta-Analysis of the Effect of Natural Frequencies on Bayesian Reasoning. *Psychological Bulletin*. 143(12), 1273–1312.
- Micallef, L., Dragicevic, P. & Fekete, J. (2012). Assessing the Effect of Visualizations on Bayesian Reasoning through Crowdsourcing. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 18(12), 2536–2545.
- Gigerenzer, G. (2018). Ökologische Rationalität. In M. A. Wirtz (Hrsg.), *Dorsch – Lexikon der Psychologie*. Abgerufen am 01.11.2018, von <https://portal.hogrefe.com/dorsch/oekologische-rationalitaet/>
- Gigerenzer, G. & Hoffrage, U. (1995). How to improve Bayesian reasoning without instruction. Frequency formats. *Psychological Review* 102 (4), 684–704.
- Oldford, R. W. (2003). *Probability, problems, and paradoxes pictured by eikosograms*. Retrieved from <http://www.stats.uwaterloo.ca/~rwoldfor/papers/venn/eikosograms/examples/paper.pdf> [15.03.2017].
- Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13(2), 141–156.
- Sloman, S. A., Over, D., Slovak, L. & Stibel, J. M. (2003). Frequency illusions and other fallacies. *Organ. Behav. Hum. Decis. Process* 91, 296–309.
- Tsai, J., Miller, S. & Kirlik, A. (2011). Interactive visualizations to improve Bayesian reasoning. *Proc. Hum. Factors Ergon. Soc. Annu. Meet.* 55, 385–389.