

Bayesianische Aufgaben mit mehreren Testergebnissen – Wann sind Baumdiagramme in komplexeren medizinischen Entscheidungsfindungsprozessen hilfreich?

Einleitung und theoretischer Hintergrund

Ärzte unterliegen in medizinischen Entscheidungsfindungsprozessen oftmals kognitiven Illusionen, wenn sie den positiven Vorhersagewert aus der a-priori-Wahrscheinlichkeit (Prävalenz) einer Erkrankung und der Sensitivität und der Falsch-Positiv-Rate eines medizinischen Tests ermitteln sollen (McDowell, Galesic & Gigerenzer, 2018). Zwei Strategien haben sich bislang bei solchen *Bayesianischen Standardaufgaben* als hilfreich erwiesen, um möglichen Trugschlüssen (mit teils dramatischen Folgen) entgegenzuwirken: 1. Die Übersetzung der statistischen Informationen in natürliche Häufigkeiten (Gigerenzer & Hoffrage, 1995; McDowell & Jacobs, 2017) und 2. die Visualisierung der Informationen, beispielsweise mit einem Baumdiagramm (z.B. Binder, Krauss & Bruckmaier, 2015).

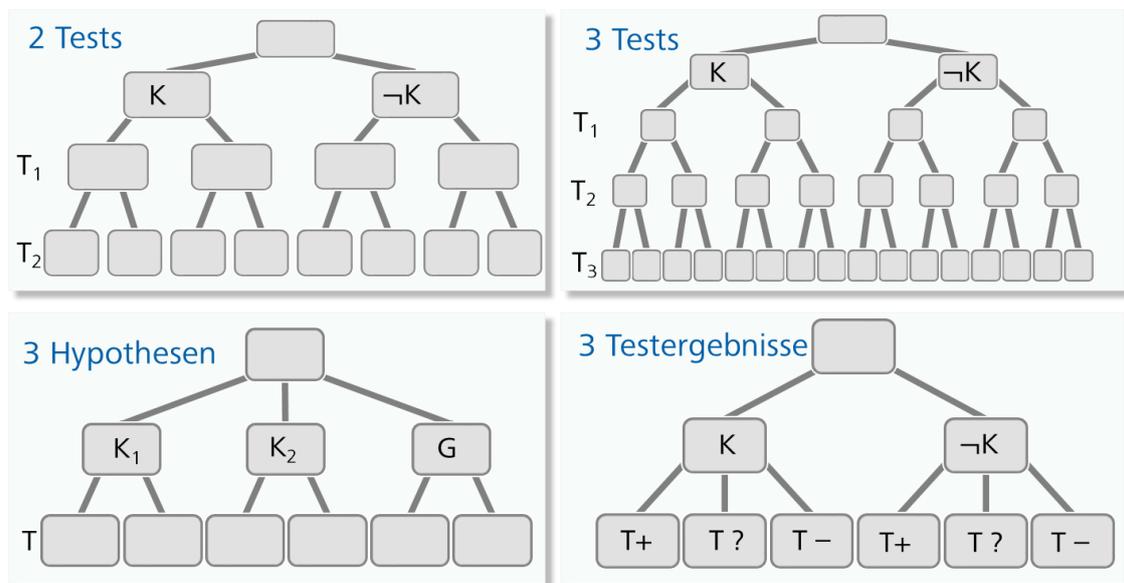


Abb. 1: Mögliche Erweiterungen Bayesianischer Standardaufgaben illustriert mit Baumdiagrammen (Wahrscheinlichkeitsbäume zeigen Wahrscheinlichkeiten an den Ästen der Bäume und Häufigkeitsbäume zeigen die Häufigkeiten in den Knoten der Baumdiagramme).

Im medizinischen Alltag sind Ärzte oft sogar mit wesentlich komplexeren Diagnosen konfrontiert, die mehrere Testergebnisse oder mögliche Erkrankungen beinhalten können (siehe Abb. 1). Nachfolgendes Beispiel, in dem nicht nur *ein* medizinisches Testergebnis vorliegt, sondern *drei*, wird beispielsweise durch das Diagramm rechts oben illustriert:

3-Test-Fall (Wahrscheinlichkeitsversion):

Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Person eine bestimmte Krankheit hat, beträgt 2 %. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Person ein positives Testergebnis bei Test 1 erhält, wenn sie die Krankheit hat, beträgt 80 %. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Person ein positives Testergebnis bei Test 2 erhält, wenn sie die Krankheit hat, beträgt 95 %. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Person ein positives Testergebnis bei Test 3 erhält, wenn sie die Krankheit hat, beträgt 75 %. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Person ein positives Testergebnis bei Test 1 erhält, obwohl sie die Krankheit nicht hat, beträgt 25 %. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Person ein positives Testergebnis bei Test 2 erhält, obwohl sie die Krankheit nicht hat, beträgt 10 %. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Person ein positives Testergebnis bei Test 3 erhält, obwohl sie die Krankheit nicht hat, beträgt 20 %.

Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine Person mit positivem Testergebnis bei allen drei Tests die Krankheit tatsächlich hat?

(Lösung: 69,9 %)

Werden die statistischen Informationen bei derartigen Bayesianischen Aufgaben mit *Wahrscheinlichkeiten* angegeben, liegt die Lösungsrate unter 10 %. Bei einer Darbietung der statistischen Informationen in *natürlichen Häufigkeiten* sind hingegen wesentlich mehr Menschen in der Lage, Bayesianische 1-Test-Fälle (Gigerenzer & Hoffrage, 1995), 2-Test-Fälle (Binder et al., 2018) oder gar 3-Test-Fälle (Hoffrage et al., 2015) korrekt zu lösen.

3-Test-Fall (Häufigkeitsversion):

200 von 10.000 Personen haben eine bestimmte Krankheit. 160 von 200 Personen, die die Krankheit haben, erhalten ein positives Testergebnis bei Test 1. 152 von 160 Personen, die die Krankheit haben und ein positives Testergebnis bei Test 1 haben, erhalten ein positives Testergebnis bei Test 2. 114 von 152 Personen, die die Krankheit haben und ein positives Testergebnis bei den Tests 1 und 2 haben, erhalten ein positives Testergebnis bei Test 3. 2.450 von 9.800 Personen, die nicht die Krankheit haben, erhalten fälschlicherweise dennoch ein positives Testergebnis bei Test 1. 245 von 2.450 Personen, die nicht die Krankheit haben aber ein positives Testergebnis bei Test 1 haben, erhalten fälschlicherweise dennoch ein positives Testergebnis bei Test 2. 49 von 245 Personen, die nicht die Krankheit haben aber ein positives Testergebnis bei den Tests 1 und 2 haben, erhalten fälschlicherweise dennoch ein positives Testergebnis bei Test 3.

Wie viele der Personen mit positivem Testergebnis bei allen drei Tests haben tatsächlich die Krankheit?

(Lösung: 114 von 163 \approx 69,9%)

Bislang war allerdings unklar, inwiefern die Erkenntnisse zum Nutzen von Visualisierungen auch auf komplexere Ausgangssituationen übertragen werden können, in denen der Test auch einen unklaren Befund liefern kann oder sensitiv für mehrere Erkrankungen ist oder bei denen dem Arzt sogar mehrere (z.B. zwei oder drei) Testergebnisse vorliegen (siehe Abb. 1).

Forschungsfragen

F1 Unterstützen natürliche Häufigkeiten die Lösungsfindung auch in Situationen, in denen 2 Tests, 3 Tests, 3 Testergebnisse oder 3 Hypothesen vorliegen (Replikation von Hoffrage et al., 2015)?

F2 Unterstützen Baumdiagramme mit natürlichen Häufigkeiten die Lösungsfindung auch in Situationen, in denen 2 Tests, 3 Tests, 3 Testergebnisse oder 3 Hypothesen vorliegen?

Methode

Diese Forschungsfragen wurden in einer Studie mit 123 Medizinstudierenden der Charité Berlin untersucht (Design siehe Tab. 1). Die Medizinstudierenden bearbeiteten in einem Papier-und-Bleistift-Test je 4 Bayesianische Aufgaben in einem 4×2×2-Design (*Aufgabentypen*: 2 Tests, 3 Tests, 3 Testergebnisse, 3 Hypothesen; *Informationsformate*: Wahrscheinlichkeiten vs. natürliche Häufigkeiten; *Visualisierungen*: kein Baum vs. Baumdiagramm). Jeder der Studierenden löste auf diese Weise zwei Häufigkeitsaufgaben und zwei Wahrscheinlichkeitsaufgaben, von denen je eine Aufgabe ein Baumdiagramm enthielt, die andere hingegen nicht.

Tab. 1: Design der Studie

Nr	Typ der Aufgabe	Format	Visualisierung	Nr	Typ der Aufgabe	Format	Visualisierung
1	2 Tests	Häufigkeiten	Kein Baum	9	3 Test- ergebnisse	Häufigkeiten	Kein Baum
2			Baum	10			Baum
3		Wahrscheinlichkeiten	Kein Baum	11		Wahrscheinlichkeiten	Kein Baum
4			Baum	12			Baum
5	3 Tests	Häufigkeiten	Kein Baum	13	3 Hypo- thesen	Häufigkeiten	Kein Baum
6			Baum	14			Baum
7		Wahrscheinlichkeiten	Kein Baum	15		Wahrscheinlichkeiten	Kein Baum
8			Baum	16			Baum

Ergebnisse und Diskussion

Die erzielten Ergebnisse (Abb. 2) zeigen, dass sowohl natürliche Häufigkeiten als auch Häufigkeitsbäume die Lösungsfindung im Bayesianischen 2-Test-Fall und im 3-Test-Fall unterstützen. Die Lösungsraten bei Wahr-

scheinlichkeitsversionen sind hingegen durchgehend niedrig. Wird der Baum allerdings breiter (3 Testergebnisse und 3 Hypothesen), so bleibt nur noch der Effekt der natürlichen Häufigkeiten, eine zusätzliche Darbietung eines Häufigkeitsbaumes hat in diesen Fällen keinen zusätzlichen Nutzen.

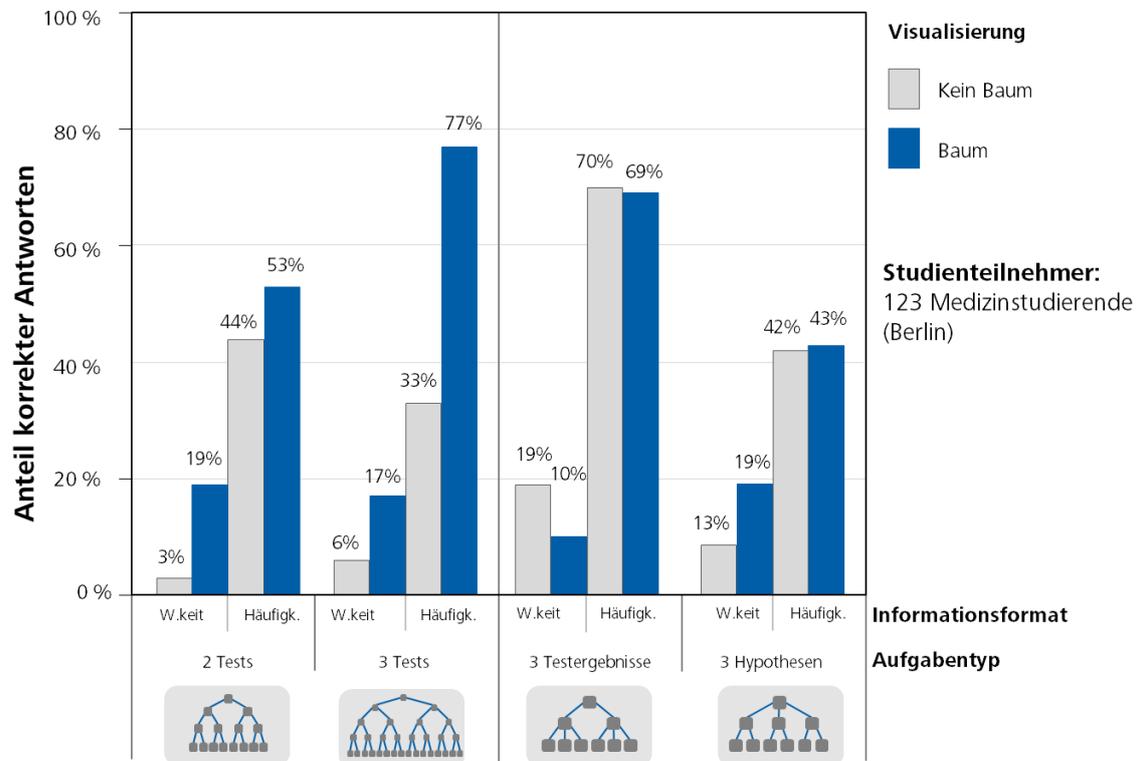


Abb. 2: Anteil korrekter Antworten der Studienteilnehmer

Literatur

- Binder, K., Krauss, S. & Bruckmaier, G. (2015). Effects of visualizing statistical information – an empirical study on tree diagrams and 2×2 tables. *Frontiers in psychology*, 6(1186).
- Binder, K., Krauss, S., Bruckmaier, G. & Marienhagen, J. (2018). Visualizing the Bayesian 2-test case: The effect of tree diagrams on medical decision making. *PLoS ONE*, 13(3).
- Gigerenzer, G. & Hoffrage, U. (1995). How to improve Bayesian reasoning without instruction: Frequency formats. *Psychological Review*, 102(4), 684–704.
- Hoffrage, U., Krauss, S., Martignon, L. & Gigerenzer, G. (2015). Natural frequencies improve Bayesian reasoning in simple and complex inference tasks. *Frontiers in psychology*, 6(1473).
- McDowell, M., Galesic, M. & Gigerenzer, G. (2018). Natural frequencies do foster public understanding of medical tests: Comment on Pighin, Gonzalez, Savadori, and Giroto (2016). *Medical Decision Making*, 38(3), 390-399.
- McDowell, M. & Jacobs, P. (2017). Meta-analysis of the effect of natural frequencies on Bayesian reasoning. *Psychological bulletin*, 143(12), 1273.