

Was bedeuten medizinische Testergebnisse wirklich? Baumdiagramme zur Visualisierung Bayesianischer Aufgaben

Einleitung und theoretischer Hintergrund

Ärzte scheitern nach einem positiven medizinischen Testergebnis oft an der Frage von Patienten, wie wahrscheinlich es ist, dass sie nun tatsächlich erkrankt seien (Hoffrage & Gigerenzer, 1998). Um diese Wahrscheinlichkeit zu ermitteln, muss die Prävalenz einer Erkrankung mit der Sensitivität und Falsch-Positiv-Rate eines Tests kombiniert werden; man spricht hierbei auch von *Bayesianischen Aufgaben*.

Tatsächlich sind medizinische Fragestellungen zumeist sogar noch komplexer, da häufig nicht nur ein einzelner medizinischer Test durchgeführt wird (Bayesianischer 1-Test-Fall), um zu einer Diagnose zu gelangen, sondern zwei medizinische Tests (Bayesianischer 2-Test-Fall). Nachfolgende Aufgabe illustriert letztere Situation (siehe auch Abb. 1):

Brustkrebsfrüherkennung: Wahrscheinlichkeitsversion

Die Wahrscheinlichkeit, dass eine symptomfreie Frau Brustkrebs hat, beträgt 1 %. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Frau ein positives Mammogramm erhält, wenn sie Brustkrebs hat, beträgt 80 %. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Frau ein positives Sonogramm erhält, wenn sie Brustkrebs hat, beträgt 95 %. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Frau fälschlicherweise ein positives Mammogramm erhält, obwohl sie keinen Brustkrebs hat, beträgt 9,6 %. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Frau fälschlicherweise ein positives Sonogramm erhält, obwohl sie keinen Brustkrebs hat, beträgt 7,8 %.

Wie groß ist nun die Wahrscheinlichkeit, dass eine Frau mit positivem Mammogramm und positivem Sonogramm tatsächlich Brustkrebs hat?

(Lösung: 50,7%)

Werden die statistischen Informationen bei derartigen Bayesianischen Aufgaben mit *Wahrscheinlichkeiten* angegeben, so unterliegen Menschen häufig kognitiven Irrtümern in ihren Entscheidungsfindungsprozessen, die zu schweren Fehlurteilen führen können. Bei einer Darbietung der statistischen Informationen als *natürliche Häufigkeiten* sind hingegen sehr viel mehr Menschen in der Lage, Bayesianische 1-Test-Fälle (Gigerenzer & Hoffrage, 1995) oder Bayesianische 2-Test-Fälle (Hoffrage et al., 2015) korrekt zu lösen.

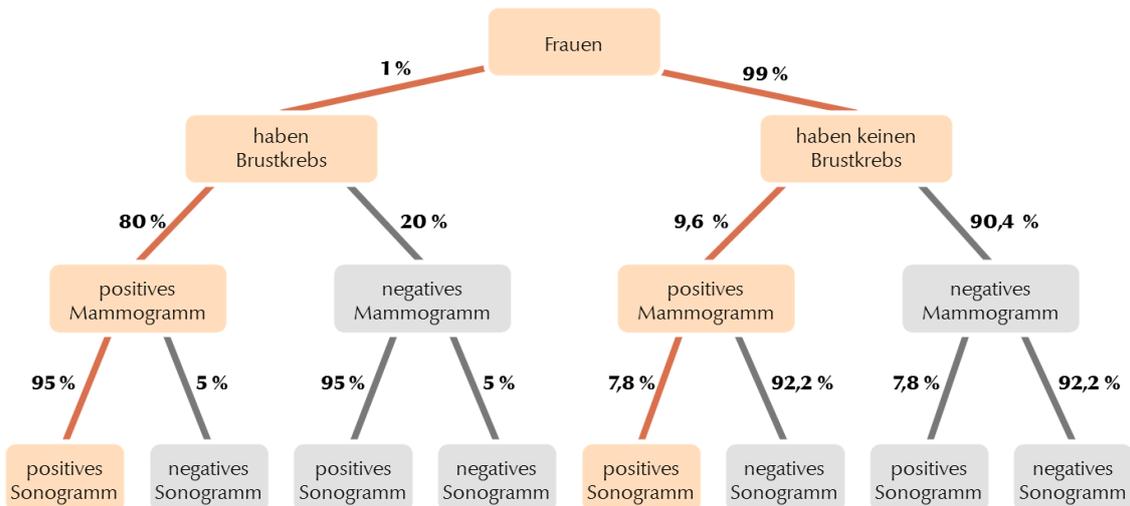


Abbildung 1: Baumdiagramm mit Wahrscheinlichkeiten und Markierung der relevanten Äste

Die zu voriger Aufgabe analoge Formulierung – mit natürlichen Häufigkeiten statt mit Wahrscheinlichkeiten – lautet wie folgt (siehe auch Abb. 2):

Brustkrebsfrüherkennung: Häufigkeitsversion

100 von 10.000 symptomfreien Frauen haben Brustkrebs. 80 von 100 Frauen, die Brustkrebs haben, erhalten ein positives Mammogramm. 76 von 80 Frauen, die Brustkrebs haben und ein positives Mammogramm erhalten haben, erhalten ein positives Sonogramm. 950 von 9.900 Frauen, die keinen Brustkrebs haben, erhalten fälschlicherweise dennoch ein positives Mammogramm. 74 von 950 Frauen, die keinen Brustkrebs haben, aber ein positives Mammogramm erhalten haben, erhalten fälschlicherweise dennoch ein positives Sonogramm.

Wie viele der Frauen mit positivem Mammogramm und positivem Sonogramm haben nun tatsächlich Brustkrebs? (*Lösung: 76 von 150*)

Eine weitere Strategie, um Bayesianisches Denken zu unterstützen, ist die Darbietung einer *Visualisierung*, etwa durch ein Baumdiagramm (für den Bayesianischen 1-Test-Fall siehe Binder, Krauss & Bruckmaier, 2015, vgl. auch Abb. 1 und Abb. 2). Bislang ist allerdings unklar, inwiefern Baumdiagramme die Lösungsfindung auch im Bayesianischen 2-Test-Fall unterstützen.

Forschungsfragen

F1 Inwiefern unterstützt die Wahl des Informationsformates sowie die (zusätzliche) Darbietung eines Baumdiagramms die Lösungsfindung im Bayesianischen 2-Test-Fall?

F2 Ist die Lösungsrate bei alleiniger Darbietung des Baumdiagramms genauso hoch wie bei einer zusätzlichen Aufgabenformulierung in Textform?

F3 Kann die Lösungsrate gesteigert werden, indem ein reduziertes (Abb. 2) oder markiertes (Abb. 1) Baumdiagramm dargestellt wird?

Methoden

Diesen Forschungsfragen wurde in zwei Teilstudien nachgegangen (Gesamtdesign siehe Tab. 1). In Studie 1 (zu F1 und F2) bearbeiteten 190 Medizinstudierende in einem Papier-und-Bleistift-Test je 2 Bayesianische Aufgaben im 2-Test-Fall in einem $3 \times 2 \times 2$ -Design (3 Visualisierungen: Text vs. Text und Baum vs. Baum; 2 Informationsformate: Wahrscheinlichkeiten vs. natürliche Häufigkeiten, 2 medizinische Kontexte: Brustkrebsfrüherkennung und HIV-Tests). In Studie 2 (zu F3) bearbeiteten in einem ähnlichen Studiendesign 198 weitere Medizinstudierende je 2 Bayesianische Aufgaben. Hierbei wurden für jedes Informationsformat (natürliche Häufigkeiten vs. Wahrscheinlichkeiten) je 3 verschiedene Arten von Baumdiagrammen untersucht: Vollständige Baumdiagramme (wie bereits in Studie 1), markierte Baumdiagramme (vgl. Abb. 1) und reduzierte Baumdiagramme (vgl. Abb. 2), die lediglich die beiden Äste des Baumdiagramms zeigen, die zur Lösung der Aufgabe relevant sind.

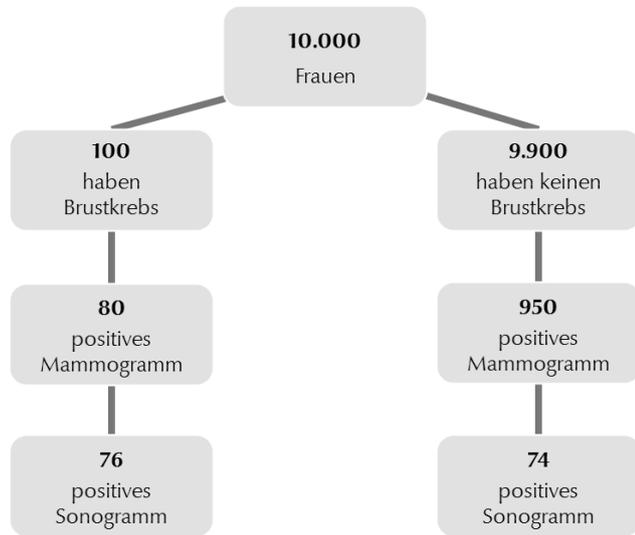


Abbildung 2: Reduziertes Baumdiagramm mit Häufigkeiten

Tabelle 1: Gesamtdesign der beiden Studien – je 10 resultierende 2-Test-Versionen für beide Kontexte

Nr.	Format der Information	Visualisierung	Kontexte: Brustkrebs o. HIV-Tests
1	Wahrscheinlichkeiten	Nur Text	Kontexte: Brustkrebs o. HIV-Tests
2		Nur vollständ. Baum	
3		Text und vollständ. Baum	
4		Text und markierter Baum	
5		Text und reduzierter Baum	
6	Natürliche Häufigkeiten	Nur Text	Kontexte: Brustkrebs o. HIV-Tests
7		Nur vollständ. Baum	
8		Text und vollständ. Baum	
9		Text und markierter Baum	
10		Text und reduzierter Baum	

Ergebnisse und Diskussion

Die erzielten Ergebnisse zeigen, dass natürliche Häufigkeiten und Häufigkeitsbäume die Lösungsfindung im Bayesianischen 2-Test-Fall sehr deutlich

unterstützen (vgl. Abb. 3). Die Lösungsraten bei Wahrscheinlichkeitsversionen sind hingegen durchgehend auffallend niedrig – insbesondere wenn man bedenkt, dass Bayesianische Aufgaben in medizinischen Lehrbüchern überwiegend mit Wahrscheinlichkeiten erklärt werden. Auch die zusätzliche Darbietung eines Wahrscheinlichkeitsbaumes kann die korrekte Entscheidungsfindung nicht unterstützen.

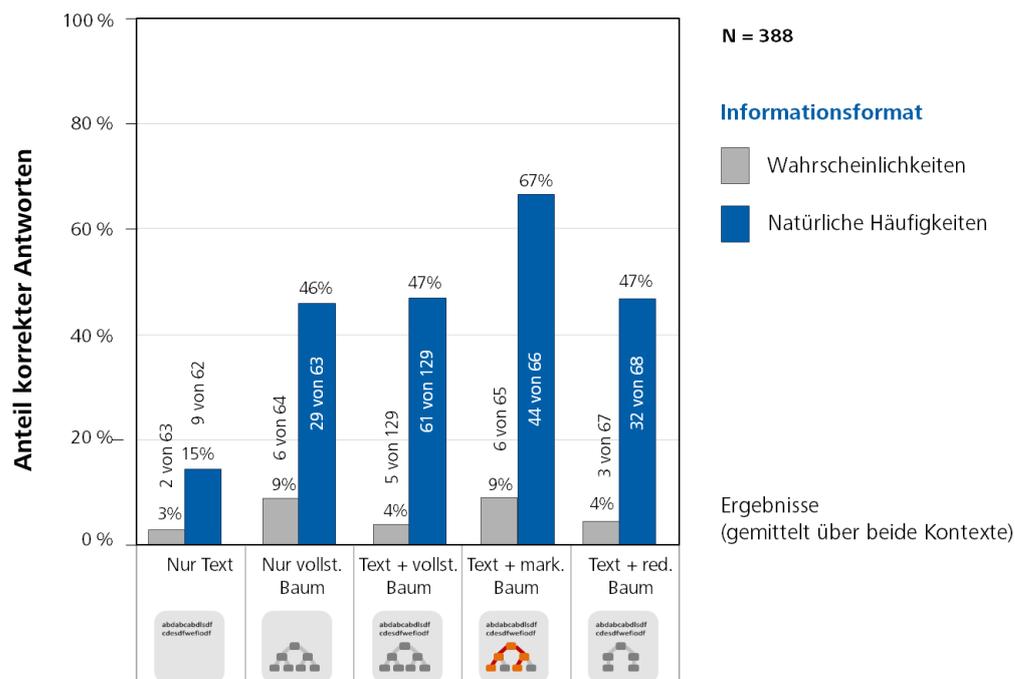


Abbildung 3: Anteil korrekter Antworten der Studienteilnehmer

Wird hingegen ein Häufigkeitsbaum dargestellt, so gelingt die Lösungsfindung deutlich häufiger; die zusätzliche Darbietung der Textversion der Aufgabe ist in diesem Fall nicht mehr erforderlich. Während im Vergleich zu einem vollständigen Baumdiagramm ein reduziertes Baumdiagramm nicht zu höheren Lösungsraten führt, bewirkt eine Markierung der beiden relevanten Äste erneut eine deutliche Steigerung der Lösungsrate.

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).
- Gigerenzer, G. & Hoffrage, U. (1995). How to improve Bayesian reasoning without instruction: Frequency formats. *Psychological Review*, 102(4), 684–704.
- Hoffrage, U. & Gigerenzer, G. (1998). Using natural frequencies to improve diagnostic inferences. *Academic medicine*, 73(5), 538-40.
- 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).