

Karin BINDER, Stefan KRAUSS, Georg BRUCKMAIER, Regensburg

Visualisierung komplexer Bayesianischer Aufgaben

Ärzte und Patienten haben oftmals Schwierigkeiten zu verstehen, was ein positives Testergebnis in der Medizin wirklich bedeutet. Nach einem positiven Testergebnis stellt sich die Frage, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, dass die jeweilige Erkrankung nun tatsächlich vorliegt. Aktuelle Studien aus den USA (Ellis & Brase, 2015) und Deutschland (Prinz et al., 2015) zeigen, dass beispielsweise medizinisches Personal in AIDS-Beratungsstellen oftmals die Auftretenswahrscheinlichkeit einer Erkrankung nach einem positiven Testergebnis nicht korrekt angeben kann. Im vorliegenden Beitrag wird das Design einer Studie vorgestellt, in der untersucht wird, wie Visualisierungen das Verstehen von statistischen Informationen beeinflussen.

Bayesianische Aufgaben: 1-Test-Fall und 2-Test-Fall

Situationen, in denen Ärzte die Prävalenz einer Krankheit mit der Sensitivität und Falsch-Positiv-Rate eines Tests miteinander kombinieren müssen, um die Bedeutung eines Testergebnisses bestimmen zu können, werden auch als *Bayesianische Aufgaben* bezeichnet, die auch in der Schule üblich sind. In der medizinischen Realität sind die Fragestellungen jedoch häufig komplexer, weil oftmals nicht nur *ein* positives Testergebnis (Bayesianischer 1-Test-Fall), sondern *zwei* (oder sogar mehr) positive Testergebnisse für das Vorhandensein einer bestimmten Erkrankung sprechen (Bayesianischer 2-Test-Fall). Nachfolgende Aufgabenstellung 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 die Wahrscheinlichkeit, dass eine Frau mit positivem Mammogramm und positivem Sonogramm tatsächlich Brustkrebs hat?

(Lösung: 50,7%)

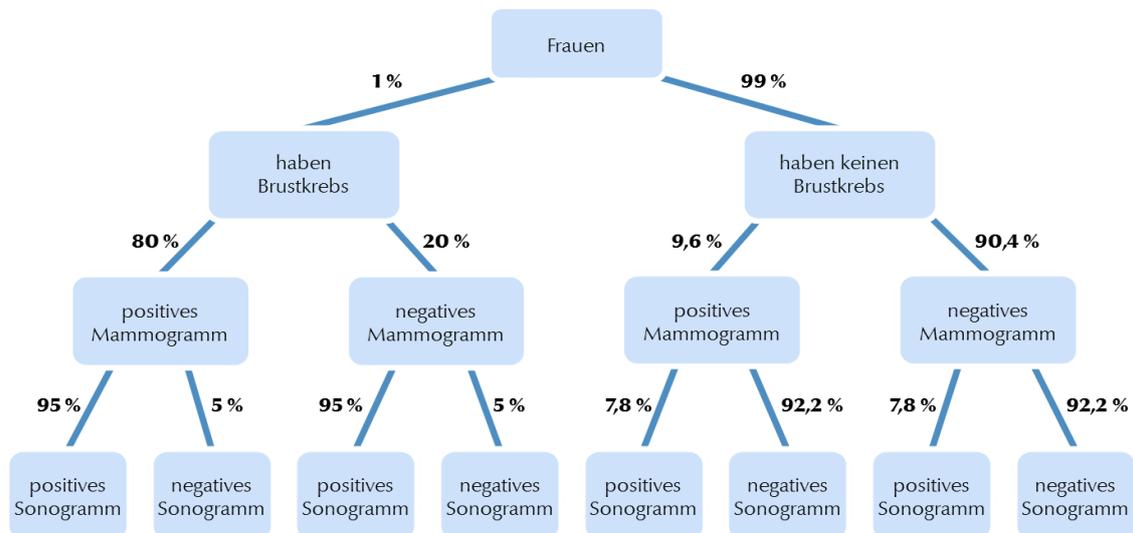


Abbildung 1: Baumdiagramm mit Wahrscheinlichkeiten

Verschiedene Darstellungsformate und Visualisierungen

Während Menschen bei Bayesianischen Aufgaben mit *Wahrscheinlichkeiten* häufig kognitiven Illusionen unterliegen, die zu schweren Fehlurteilen führen können, werden Bayesianische Aufgaben deutlich häufiger korrekt gelöst, wenn alle statistischen Informationen als *natürliche Häufigkeiten* dargeboten werden (vgl. für den 1-Test-Fall: Gigerenzer & Hoffrage, 1995; vgl. für den 2-Test-Fall: Hoffrage et al., 2015). Die zu voriger Aufgabe analoge Aufgabenstellung mit natürlichen Häufigkeiten statt 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 tatsächlich Brustkrebs?

Neben natürlichen Häufigkeiten unterstützt auch die Darbietung bestimmter *Visualisierungen* die Lösungsfindung im Bayesianischen 1-Test-Fall. Dazu zählen beispielsweise Baumdiagramme und Vierfeldertafeln mit natürlichen Häufigkeiten (Binder, Krauss & Bruckmaier, 2015), Einheitsquadrate (Böcherer-Linder, Eichler & Vogel, 2015), ikonische Darstellungen (Brase, 2008) und Rasterdiagramme (Garcia-Retamero & Hoffrage, 2013).

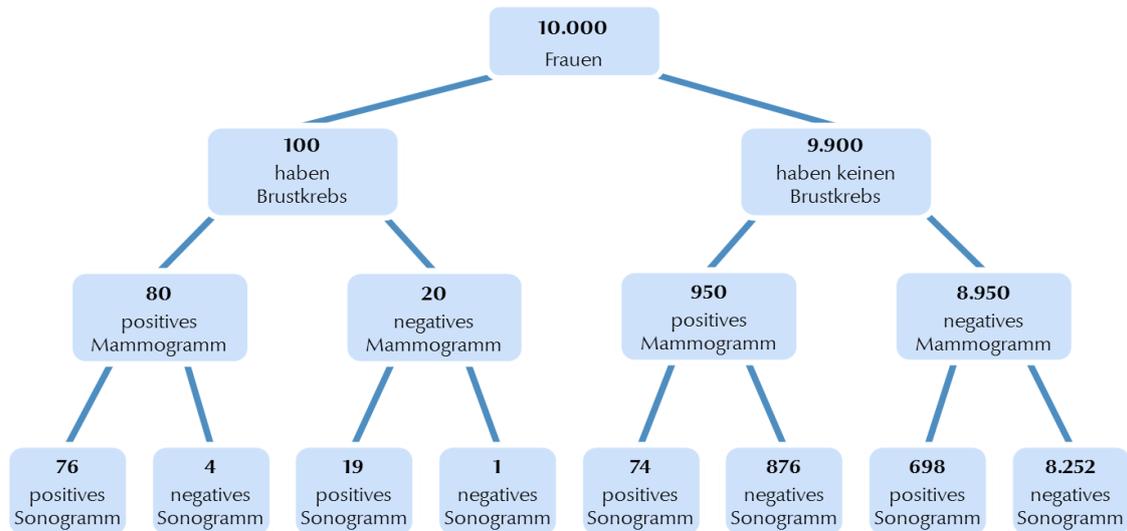


Abbildung 2: Baumdiagramm mit natürlichen Häufigkeiten

Die Darbietung einer Visualisierung muss aber nicht immer mit einer Erhöhung der Lösungsrate einhergehen. Bestimmte Visualisierungen unterstützen die Lösungsfindung nur sehr eingeschränkt, wie zum Beispiel Baumdiagramme und Vierfeldertafeln jeweils mit Wahrscheinlichkeiten (Binder, Krauss & Bruckmaier, 2015, vgl. auch Abb. 1) und Euler-Diagramme (Brase, 2008).

Fragestellung

In der geplanten Studie interessieren wir uns für den Einfluss des Darstellungsformats („Wahrscheinlichkeiten“ vs. „natürlichen Häufigkeiten“) und/oder Visualisierungen durch Baumdiagramme im Bayesianischen 2-Test-Fall (vgl. Abb. 1 und Abb. 2).

Methode

In unserer derzeit laufenden Studie bearbeiten ca. 180 Medizinstudierende je zwei Bayesianische Aufgaben in einem $2 \times 3 \times 2$ Design (vgl. Tab. 1).

Tabelle 1: Design der laufenden Studie – 12 resultierende 2-Test-Versionen

Nr.	Format der Informationen	Darstellung der Informationen	Kontext: Brustkrebsfrüherkennung	Nr.	Format der Informationen	Darstellung der Informationen	Kontext: HIV-Tests
1	Wahrscheinlichkeit	nur Text		7	Wahrscheinlichkeit	nur Text	
2		Text und Baum		8		Text und Baum	
3		nur Baum		9		nur Baum	
4	Natürliche Häufigkeit	nur Text		10	Natürliche Häufigkeit	nur Text	
5		Text und Baum		11		Text und Baum	
6		nur Baum	12	nur Baum			

Die Aufgaben unterscheiden sich im *Informationsformat* („Wahrscheinlichkeiten“ vs. „natürliche Häufigkeiten“), in der *Darstellung der statistischen Informationen* („Text ohne Baum“ vs. „Text und Baum“ vs. „Baum ohne Text“) und im *Kontext* („Brustkrebsfrüherkennung“ vs. „HIV-Tests“).

Ausblick

In Kürze wird die Erhebung mit Medizinstudierenden abgeschlossen sein. Außerdem wird eine zweite Teilstudie mit Medizinstudierenden erfolgen, in der untersucht werden soll, welchen Einfluss die zusätzliche Darbietung eines *reduzierten* Baumdiagramms im Vergleich zu einem *vollständigen* Baumdiagramm (siehe Abb. 1 und Abb. 2) hat. In einem reduzierten Baumdiagramm werden nur die beiden Äste (von insgesamt 8 Ästen) dargestellt, die zur Beantwortung der Frage zwingend notwendig sind, alle weiteren Äste werden entfernt. Die erzielten Studienergebnisse sollen dazu beitragen, das Statistikcurriculum insbesondere für Medizinstudierende zu verbessern.

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).
- Böcherer-Linder, K., Eichler, A. & Vogel, M. (2015). Understanding conditional probability through visualization. In H. Oliveira, A. Henriques, A. P. Canavarro, C. Monteiro, C. Carvalho, J. P. Ponte, R. T. Ferreira & S. Colaço (Eds.), *Proceedings of the International Conference Turning data into knowledge: New opportunities for statistics education. Lisbon, Portugal: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa*.
- Brase, G. L. (2008). Pictorial representations in statistical reasoning. *Applied Cognitive Psychology*, 23(3), 369–381.
- Ellis, K. M. & Brase, G. (2015). Communicating HIV Results to Low-Risk Individuals: Still Hazy After All These Years. *Current HIV research*, 13(5), 381–390.
- Garcia-Retamero, R. & Hoffrage, U. (2013). Visual representation of statistical information improves diagnostic inferences in doctors and their patients. *Social Science and Medicine*, 83, 27–33.
- 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).
- Prinz, R., A Feufel, M., Gigerenzer, G. & Wegwarth, O. (2015). What Counselors Tell Low-Risk Clients About HIV Test Performance. *Current HIV research*, 13(5), 369–380.