

Theresa BÜCHTER, Kassel & Nicole STEIB, Regensburg

## **Kovariation als Teilaspekt Bayesianischen Denkens – erste Eindrücke aus dem DFG-Projekt „TrainBayes“**

### **Bayesianisches Denken**

Expert:innen unterschiedlicher Domänen müssen oftmals Urteile auf Basis von unsicheren Informationen treffen. Wenn eine solche Situation durch zwei binäre Merkmale – eine binäre Hypothese ( $H$  bzw.  $\bar{H}$ ) und ein binäres Indiz ( $I$  bzw.  $\bar{I}$ ) – charakterisiert ist, so wird deren Beurteilung als Bayesianisches Denken bezeichnet und kann mit Hilfe der Formel von Bayes modelliert werden (Zhu & Gigerenzer, 2006). Eine typische Fragestellung lautet dann: Wie wahrscheinlich ist eine Hypothese  $H$ , wenn ein Indiz  $I$  vorhanden ist? Diese Wahrscheinlichkeit kann man mit der Formel von Bayes berechnen:

$$P(H|I) = \frac{P(H) \cdot P(I|H)}{P(H) \cdot P(I|H) + P(\bar{H}) \cdot P(I|\bar{H})}$$

### **Relevanz Bayesianischen Denkens**

Sowohl in Medizin als auch in Jura ist Bayesianisches Denken von großer Relevanz. Allerdings können nur etwa 10-15% der Expert:innen aus beiden Domänen solche Fragestellungen lösen, wenn die notwendigen Informationen in Wahrscheinlichkeiten gegeben sind (vgl. Hoffrage & Gigerenzer, 1998; Lindsey, Hertwig & Gigerenzer, 2003). Ziel des DFG-Projektes „TrainBayes“ (2020 – 2022) ist es deswegen ein Training speziell für Medizin- und Jurastudierende zu entwickeln (<http://bayesianreasoning.de/>).

### **DFG-Projekt „TrainBayes“ - Trainingsstudie zum Bayesianischen Denken**

Das Projekt hat das Ziel, interdisziplinär bereits entwickelte Strategien systematisch zu kombinieren und in einem Training mit Studierenden aus den Bereichen Medizin und Jura experimentell zu untersuchen: Pro Domäne werden dabei zwei „Optimaltrainings“ (Visualisierungen auf der Basis von natürlichen Häufigkeiten mit dem Einheitsquadrat bzw. Doppelbaum), zwei „Kontrolltrainings“ (schulcurricularer Standard und reines Häufigkeitstraining), sowie eine Wartekontrollgruppe implementiert, um letztlich grundlagenorientiert domänenspezifische und domänenübergreifende Gelingensbedingungen für Bayesianische Schlussfolgerungen ableiten zu können. Es handelt sich um eine Studie mit insgesamt drei Messzeitpunkten (Prä-, Post-Messung, Follow-up nach 8-10 Wochen).

#### *Aspekte Bayesianischen Denkens*

Im Gegensatz zu üblichen empirischen Studien, die ausschließlich den sog. positiv prädiktiven Wert  $P(H|I)$  in den Blick nehmen, greifen wir drei Aspekte des Bayesianischen Denkens auf: 1) Performanz, 2) Kovariation und 3) Kommunikation. Unter Performanz verstehen wir die Fähigkeit, den positiv prädiktiven Wert

(=PPW) bestimmen zu können. Hierfür benötigt man drei Wahrscheinlichkeiten, nämlich die Basisrate  $P(H)$ , die Sensitivität  $P(I|H)$  und die Falsch-Positiv-Rate  $P(I|\bar{H})$ . Zusätzlich nehmen wir den Aspekt der Kovariation auf. Hierunter verstehen wir die Fähigkeit, einschätzen zu können, wie sich Änderungen der Basisrate, der Sensitivität oder der Falsch-Positiv-Rate auf den PPW auswirken. Unter Kommunikation verstehen wir die Fähigkeit, Bayesianische Situationen verständlich kommunizieren zu können. Dieser Aspekt wird in der Studie ebenfalls untersucht. Im Rahmen der Studie werden wir alle drei Aspekte untersuchen und zusätzlich die beiden Aspekte Performanz und Kovariation trainieren.

### *Bisherige Studien zu Performanz und Kovariation*

Aus der Forschung sind mittlerweile hilfreiche Strategien zum Lösen Bayesianischer Aufgaben bekannt. Dazu zählen einerseits die Darstellung der Informationen in natürlichen Häufigkeiten statt in Wahrscheinlichkeiten (Gigerenzer & Hoffrage, 1995) und andererseits die Visualisierung der Situation (McDowell & Jacobs, 2017). In der DFG-Studie werden in den Aufgaben alle Angaben als Wahrscheinlichkeiten formuliert, sodass die ökologische Validität gesichert ist. Im Rahmen des Idealtrainings lernen die Teilnehmenden dann die beiden Strategien (natürliche Häufigkeiten und Visualisierung der Situation) selbst auf die Aufgaben anzuwenden.

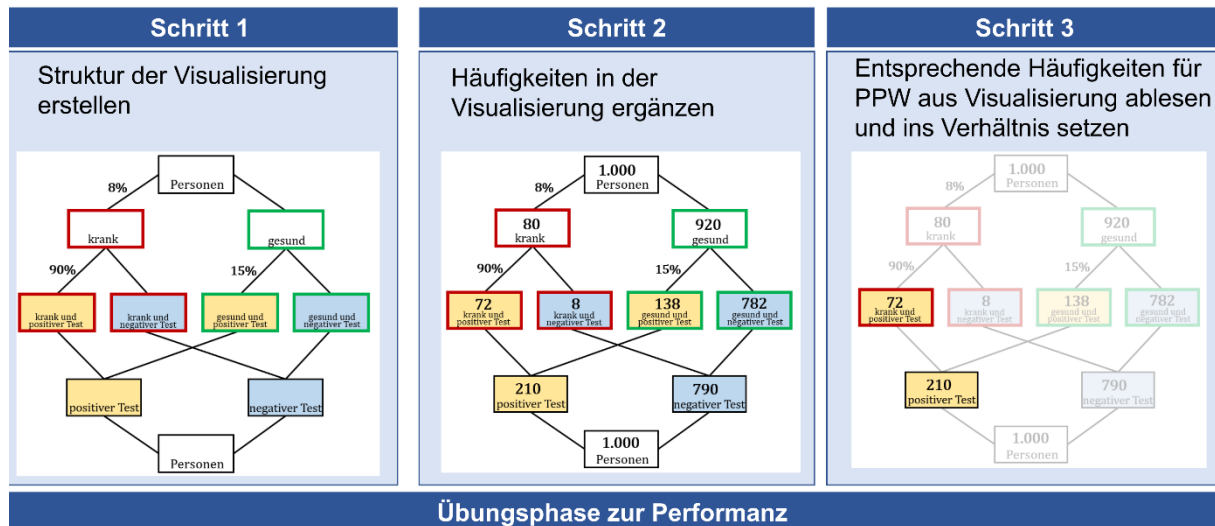
Die bisherigen Studien beschränken sich fast ausschließlich auf den Aspekt der Performanz. Zur Kovariation ist uns lediglich ein Beitrag von Böcherer-Linder, Eichler und Vogel (2017) bekannt. Hier hat sich gezeigt, dass die Auswirkungen von Änderungen der Basisrate besser eingeschätzt wurden, wenn die Informationen in einem Einheitsquadrat abgebildet waren, als wenn sie in einem Einfachbaum mit Häufigkeiten dargestellt waren.

Ein erster Einblick in die Struktur der beiden Optimaltrainings soll im Folgenden gegeben werden. Die Konzeption der gesamten Test- und Trainingsmaterialien zeichnet sich durch die Passung mit der spezifischen Zielgruppe (Medizin bzw. Jura) aus. Hierbei wurde mit Expert:innen beider Domänen zusammengearbeitet und dadurch Aufgabenkontexte entwickelt, die sich durch Authentizität in den angestrebten Domänen auszeichnen. Beide Trainings (zu Performanz und Kovariation) gliedern sich in eine erste Input- und eine anschließende Übungsphase. Im Folgenden werden die Inputphasen vorgestellt.

### *Einblick in das Performanztraining*

Das Performanztraining ist ein statisches Training. Damit ist gemeint, dass der Input, den die Teilnehmenden erhalten, statisch in Form von Text mit Bildern erfolgt. Beim Durchgehen der neuen Inhalte können die Studierenden das Tempo selbst bestimmen. Das Performanztraining untergliedert sich in drei Schritte und wird in Abbildung 1 schematisch am Doppelbaum illustriert. Dabei wird die jeweilige Visualisierung zunächst gezeichnet (Schritt 1), anschließend mit Häufig-

keiten ergänzt (Schritt 2) und schließlich erläutert, wie man mithilfe der Visualisierung den positiv prädiktiven Wert bestimmen kann (Schritt 3). Anschließend gibt es eine Übungsphase zu einem neuen Kontext, in der die Studienteilnehmende ein individuelles Feedback erhalten. Dieser Aufbau ist in allen Trainingsvarianten identisch.

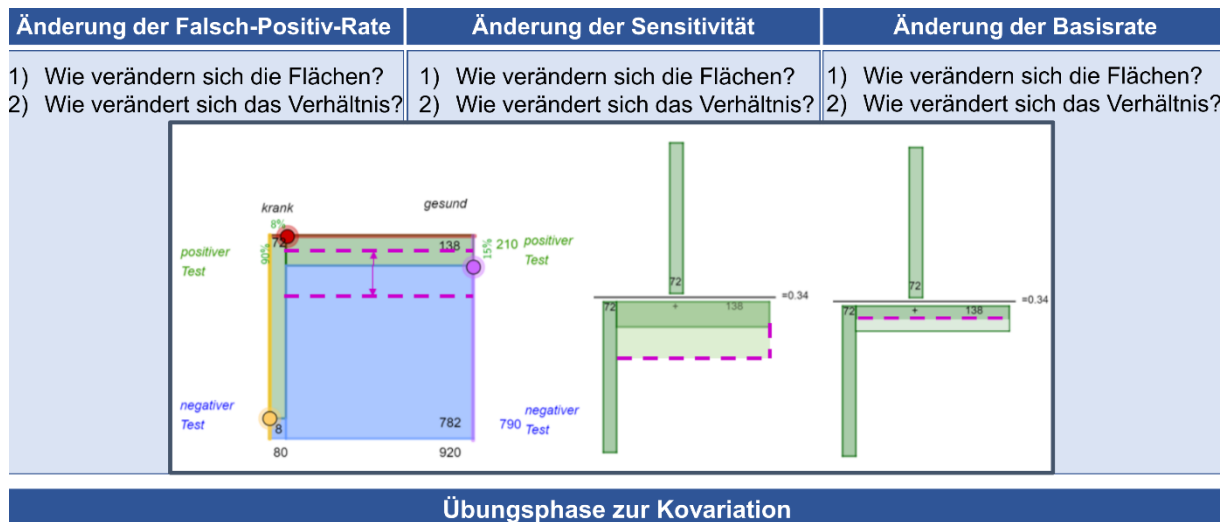


**Abb. 1:** Übersicht des Performanztrainings mit der Visualisierung „Doppelbaum“

### *Einblick in das Kovariationstraining*

Im Gegensatz zum Performanztraining besteht das Kovariationstraining nicht aus statischem Text- und Bildinhalten, sondern wird dynamisch in Form von Erklärvideos umgesetzt. Dadurch können die Veränderungen besonders deutlich veranschaulicht werden, z. B. durch die Beobachtung der Flächenänderung im Einheitsquadrat bei Veränderung der eingehenden Parameter. Das Training beinhaltet drei Erklärvideos zu den Auswirkungen der Änderungen der Wahrscheinlichkeiten 1) Falsch-Positiv-Rate 2) Sensitivität und 3) Basisrate auf den positiv prädiktiven Wert. Das zentrale Element dabei ist eine interaktive Visualisierung, in der mithilfe von Schieberegler die jeweiligen Veränderungen der Wahrscheinlichkeiten vorgenommen werden können. Durch das Bewegen der Schieberegler wird die Visualisierung und der positiv prädiktive Wert mit zugehörigem Bildbruch (siehe Abbildung 2) verändert. In den Videos zum Einheitsquadrat wird zuerst aufgezeigt, welche Flächen sich im Einheitsquadrat wie verändern (Schritt 1). Da die Flächen im Einheitsquadrat die Schnittmengen beider Ereignisse repräsentieren, wird in den anderen Trainingsvarianten analog erklärt, welche Häufigkeiten sich wie verändern. Darauf aufbauend wird erläutert, wie sich dadurch der PPW, also das Verhältnis der entsprechenden Flächen bzw. Häufigkeiten verändert (Schritt 2). Nach den Erklärvideos folgt auch hier eine Übungsphase zu einem neuen Kontext, in der die Studienteilnehmenden mithilfe einer interaktiven Visualisierung das Lösen von Kovariationsaufgaben üben. Dabei erhalten sie wiederum individuelles Feedback. Grundsätzlich verfolgt dieses Training das Ziel, dass am Ende die Kovariationsaufgaben ohne interaktive Visualisierung gelöst werden

können. Daher wird im dritten Erklärvideo zur Änderung der Basisrate bewusst mit einer Skizze statt mit der digitalen interaktiven Visualisierung gearbeitet.



**Abb. 2:** Übersicht des Kovariationstrainings mit der Visualisierung „Einheitsquadrat“

Insgesamt wurden hier Trainingsmaterialien vorgestellt, mit denen zielgruppenspezifisch mehrere Aspekte des Bayesianischen Denkens trainiert werden können. In den Optimaltrainings lernen die Teilnehmenden dabei zielführende Strategien – Visualisierungen mit Häufigkeiten – selbstständig auf Problemkontexte anzuwenden. Letztlich wird durch die Einbindung von Kommunikation in die Testung und Kovariation auch in den Trainings gewährleistet, dass ein breites Spektrum an Aspekten Bayesianischen Denkens abgebildet wird.

## Literatur

- Binder, K., Krauss, S., & Wiesner, P. (2020). A new visualization for probabilistic situations containing two binary events: the frequency net. *Frontiers in Psychology, 11*, 750.
- Böcherer-Linder, K., Eichler, A., & Vogel, M. (2017). The impact of visualization on flexible Bayesian reasoning. *Avances de investigación en educación matemática, 11*, 25-46.
- Eichler, A., Böcherer-Linder, K., & Vogel, M. (2020). Different Visualizations Cause Different Strategies When Dealing With Bayesian Situations. *Frontiers in Psychology, 11*, 1897.
- 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), 538-540.
- Lindsey, S., Hertwig, R., & Gigerenzer, G. (2002). Communicating statistical DNA evidence. *Jurimetrics, 43*, 147-163.
- McDowell, M., & Jacobs, P. (2017). Meta-analysis of the effect of natural frequencies on Bayesian reasoning. *Psychological bulletin, 143*(12), 1273-1312.
- Zhu, L., & Gigerenzer, G. (2006). Children can solve Bayesian problems: The role of representation in mental computation. *Cognition, 98*(3), 287-308.