

Kurz nach Einführung der HIV-Tests erhielten 22 Blutspender in Florida die Information, dass ihr HIV-Test positiv war.



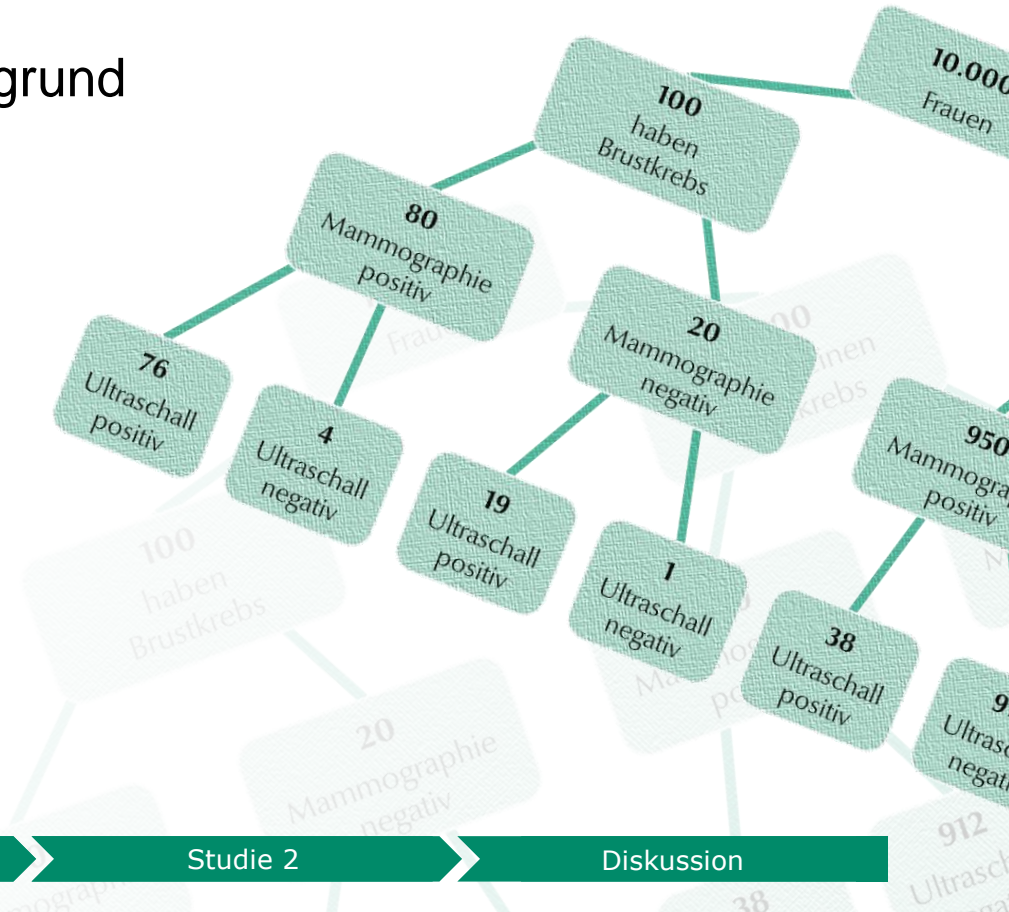
7 von diesen 22 Personen begingen Selbstmord, ohne zu wissen, ob das Ergebnis stimmte.



Stine (1996); aktuelle Studien zur Risikokompetenz von Mitarbeitern in HIV-Beratungsstellen: Ellis & Brase (2015); Prinz, Feufel, Gigerenzer & Wegwarth (2015)

Gliederung

- Theoretischer Hintergrund
- Studie 1
- Studie 2
- Diskussion



Bayesianische Aufgabe: Früherkennung von Brustkrebs



EREIGNISSE

B

Frau hat Brustkrebs

\bar{B}

Frau hat keinen Brustkrebs

M+

Frau hat einen positiven Befund in der Mammographie erhalten

M-

Frau hat einen negativen Befund in der Mammographie erhalten

WAHRSCHEIN- LICHKEITEN

P(B)

Prävalenz

$P_B(M+)$

Sensitivität des Diagnoseverfahrens

$P_{\bar{B}}(M+)$

Falsch-Positiv-Rate

FORMEL VON BAYES

$$P_{M+}(B) = \frac{P_B(M+) \cdot P(B)}{P_B(M+) \cdot P(B) + P_{\bar{B}}(M+) \cdot P(\bar{B})}$$

Bayesianische Standardaufgabe

Wahrscheinlichkeiten vs. natürliche Häufigkeiten



Wahrscheinlichkeitsvariante (Eddy, 1982)

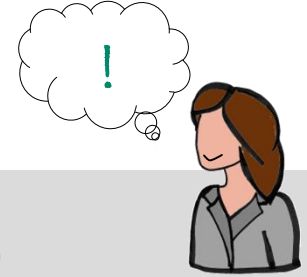
Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Frau, die zu einer Routineuntersuchung geht, Brustkrebs hat, beträgt **1 %**.

Wenn eine Frau, die zu einer Routineuntersuchung geht, Brustkrebs hat, dann beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass sie ein positives Mammogramm erhält **80 %**.

Wenn eine Frau, die zu einer Routineuntersuchung geht, keinen Brustkrebs hat, dann beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass sie ein positives Mammogramm erhält **9,6 %**.

Frage: Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine Frau, die zu einer Routineuntersuchung geht, Brustkrebs hat, wenn sie dort ein positives Mammogramm erhält?

Antwort: knapp **8 %**



Häufigkeitsvariante (Gigerenzer & Hoffrage, 1995)

1
L

Prävalenz $P(B)$

8
L
ε

Sensitivität $P_B(M+)$

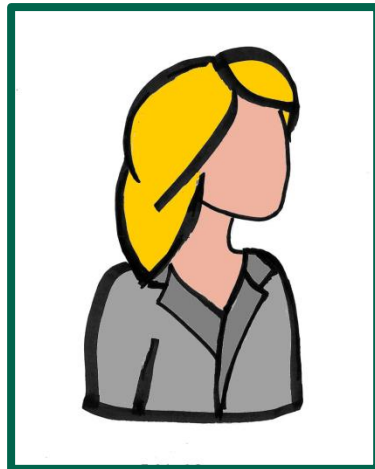
9
L
r

Falsch-Positiv-Rate $P_B(M+)$

Frage: Wie viele der Frauen, die zu einer Routineuntersuchung gehen und ein positives Mammogramm erhalten, haben Brustkrebs?

Antwort: **80** von **1.030**

Bayesianischer 2-Test-Fall



Frau: gesund/krank

Test 1: Mammographie

Test 2: Sonographie

2-Test-Fall

Wahrscheinlichkeiten vs. natürliche Häufigkeiten vgl. Hoffrage, Krauss, Martignon & Gigerenzer (2015)



Wahrscheinlichkeitsvariante

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 %**.

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



Häufigkeitsvariante

Prävalenz

Sensitivität der Mammographie

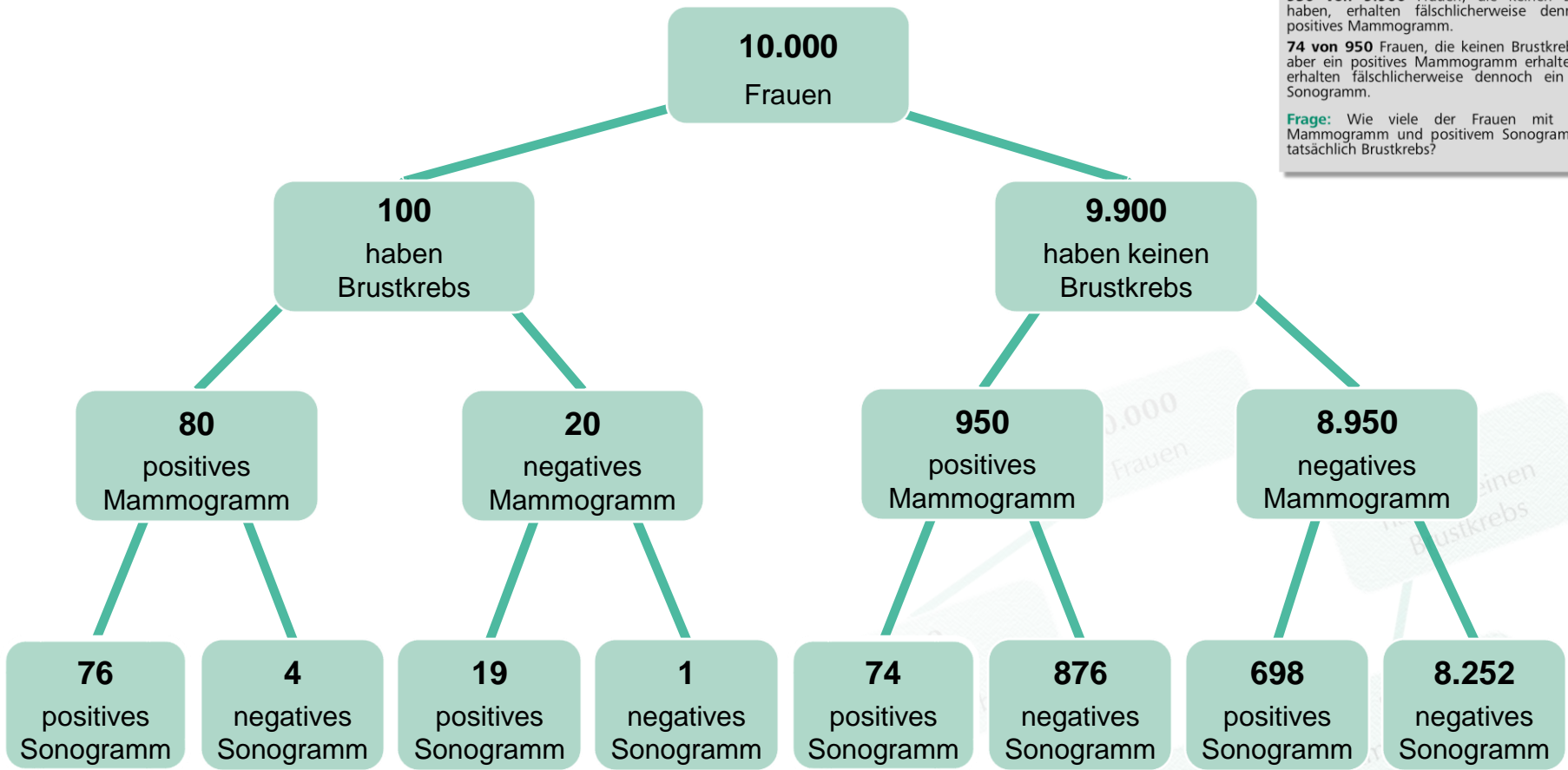
Sensitivität der Sonographie

Falsch-Positiv-Rate der Mammographie

Falsch-Positiv-Rate der Sonographie

Frage: Wie viele der Frauen mit positivem Mammogramm und positivem Sonogramm haben tatsächlich Brustkrebs?

Bayesianischer 2-Test-Fall



Häufigkeitsvariante

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.

Frage: Wie viele der Frauen mit positivem Mammogramm und positivem Sonogramm haben tatsächlich Brustkrebs?

Frage: Wie viele der Frauen mit positivem Mammogramm und positivem Sonogramm haben tatsächlich Brustkrebs?

Antwort: 76 von 150

Studie 2 ■ Forschungsstand

	Bayesianischer 1-Test-Fall	Bayesianischer 2-Test-Fall
<p>STRATEGIE 1: Natürliche Häufigkeiten statt Wahrscheinlichkeiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> • McDowell & Jacobs (im Druck) • Hoffrage, Hafenbrädl & Bouquet (2015) • Siegrist & Keller (2011) • Gigerenzer & Hoffrage (1995) • uvm. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoffrage, Krauss, Martignon & Gigerenzer (2015) • Krauss, Martignon & Hoffrage (1999)
<p>STRATEGIE 2: Darbietung einer Visualisierung</p>	<ul style="list-style-type: none"> • McDowell & Jacobs (im Druck) • Binder, Krauss & Bruckmaier (2015) • Brase (2008, 2014) • Steckelberg et al. (2004) • Wassner (2004) • uvm. 	

Studie 1 ■ Untersuchte Versionen

Wahrscheinlichkeiten

Nur Text

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 %**.

Text und Baum

Die Wahrscheinlichkeit, dass eine symptomfreie Frau Brustkrebs hat, beträgt **1 %**.

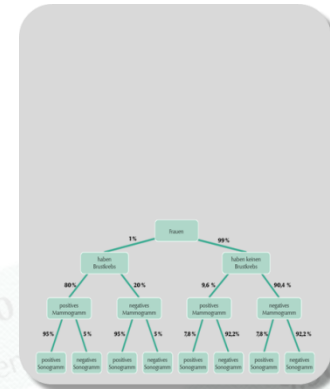
Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Frau ein positives Mammogramm erhält, wenn sie Brustkrebs hat, beträgt **80 %**.

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 %**.

Nur Baum



Natürliche Häufigkeiten

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, 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, erhalten fälschlicherweise dennoch ein positives Sonogramm.

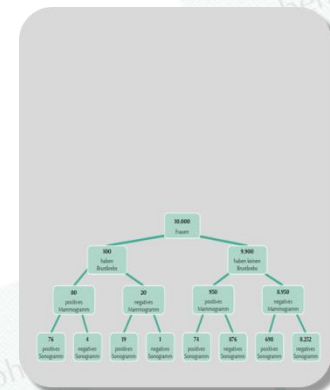
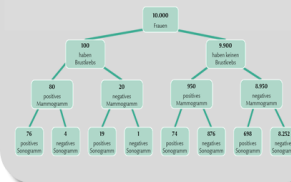
100 von 10.000 symptomfreien Frauen haben Brustkrebs.

80 von 100 Frauen, die Brustkrebs haben, erhalten ein positives Mammogramm.

76 von 80 Frauen, die Brustkrebs haben, erhalten ein positives Sonogramm.

950 von 9.900 Frauen, die keinen Brustkrebs haben, erhalten fälschlicherweise dennoch ein positives Mammogramm.

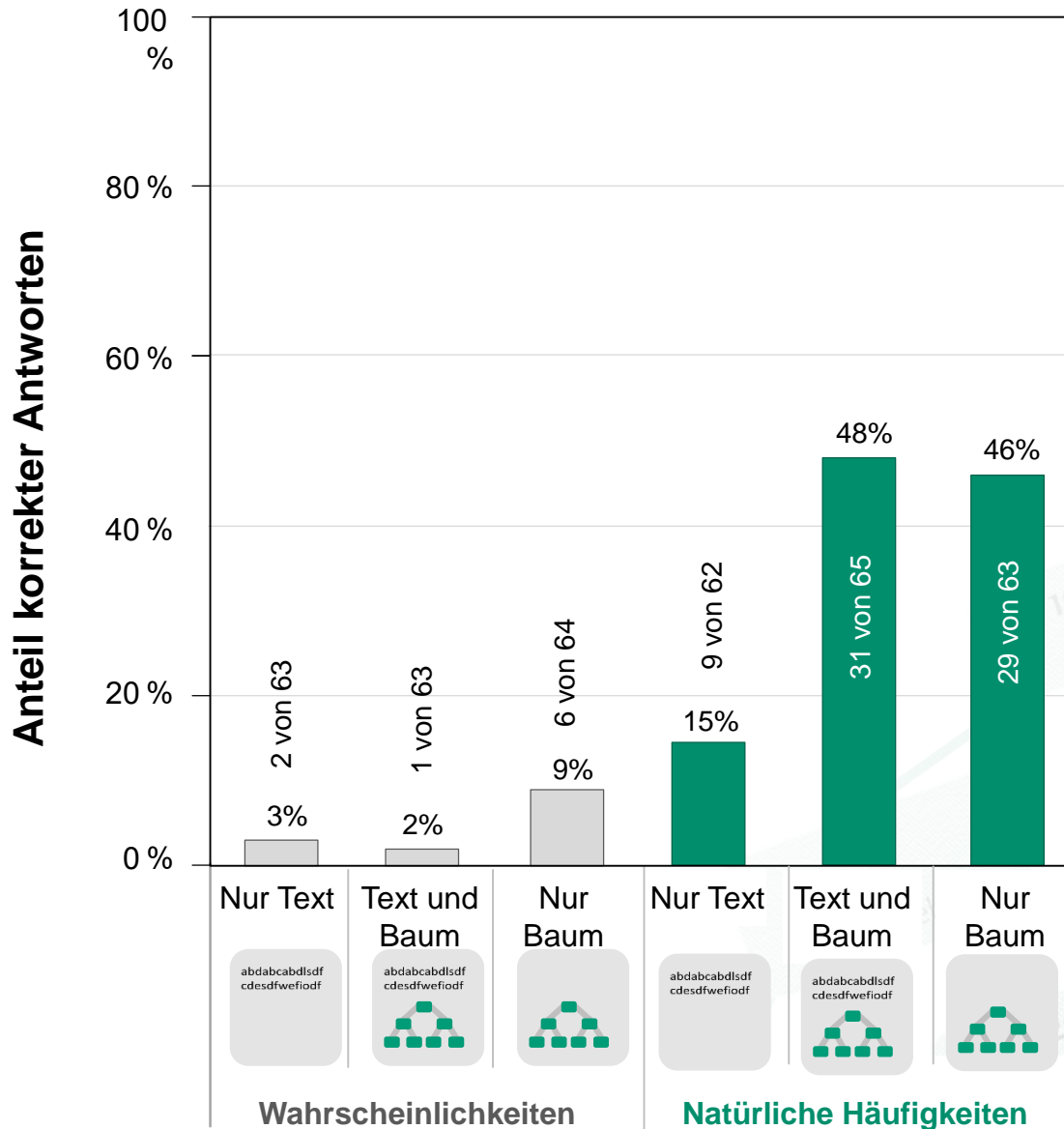
74 von 950 Frauen, die keinen Brustkrebs haben, erhalten fälschlicherweise dennoch ein positives Sonogramm.



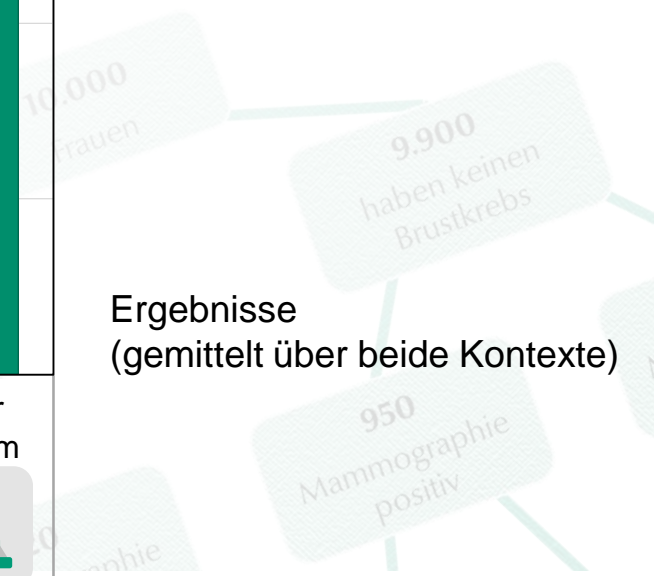
Studie 1 ■ Ergebnisse

Binder, Krauss, Bruckmaier
& Marienhagen (in review)

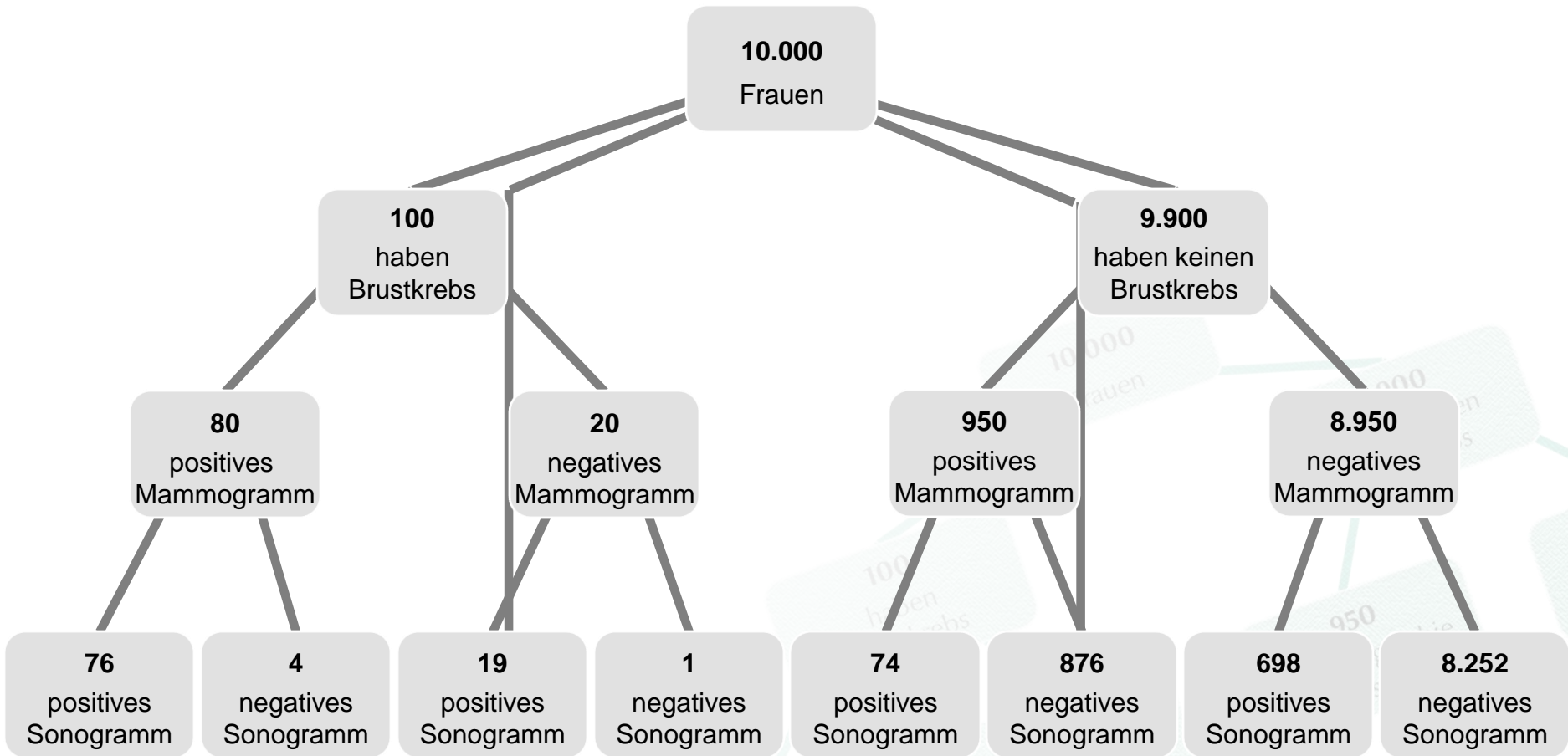
Studienteilnehmer:
190 Medizinstudierende
(Regensburg)



Ergebnisse
(gemittelt über beide Kontexte)



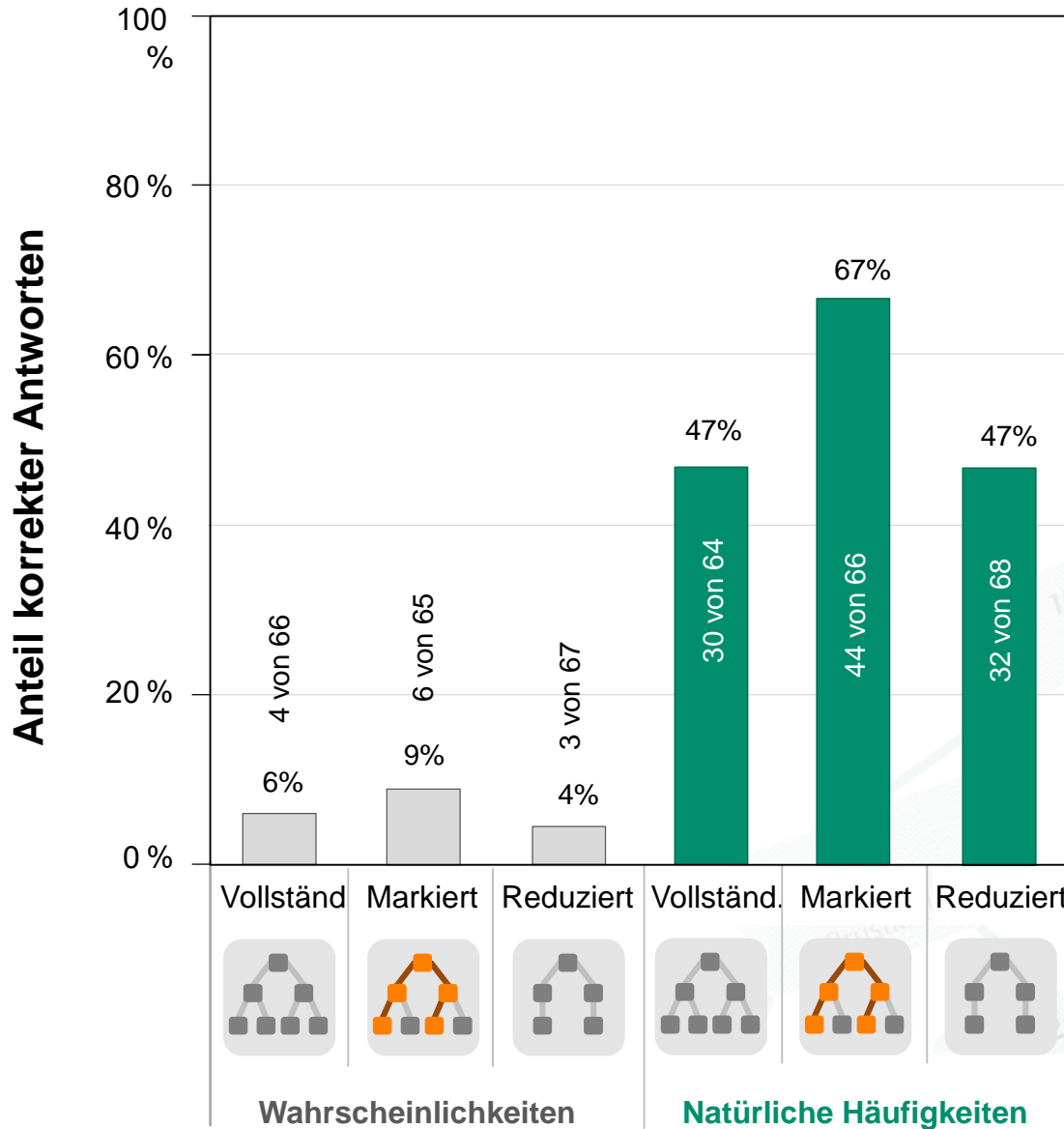
Vollständiger vs. markierter vs. reduzierter Baum



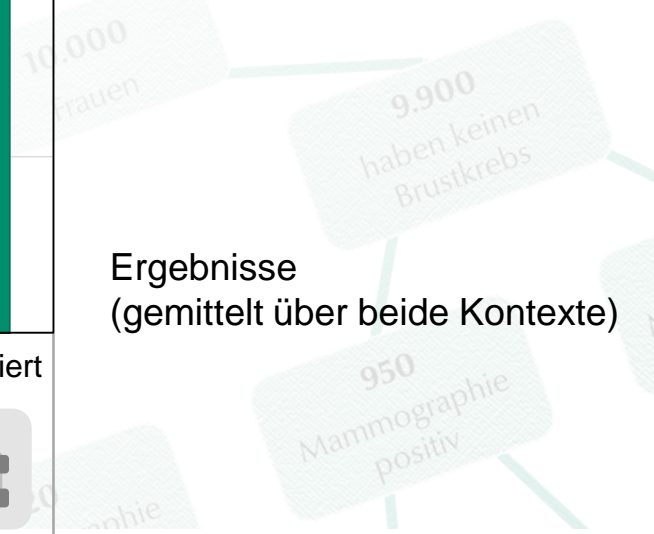
Studie 2 ■ Ergebnisse

Binder, Krauss, Bruckmaier
& Marienhagen (in review)

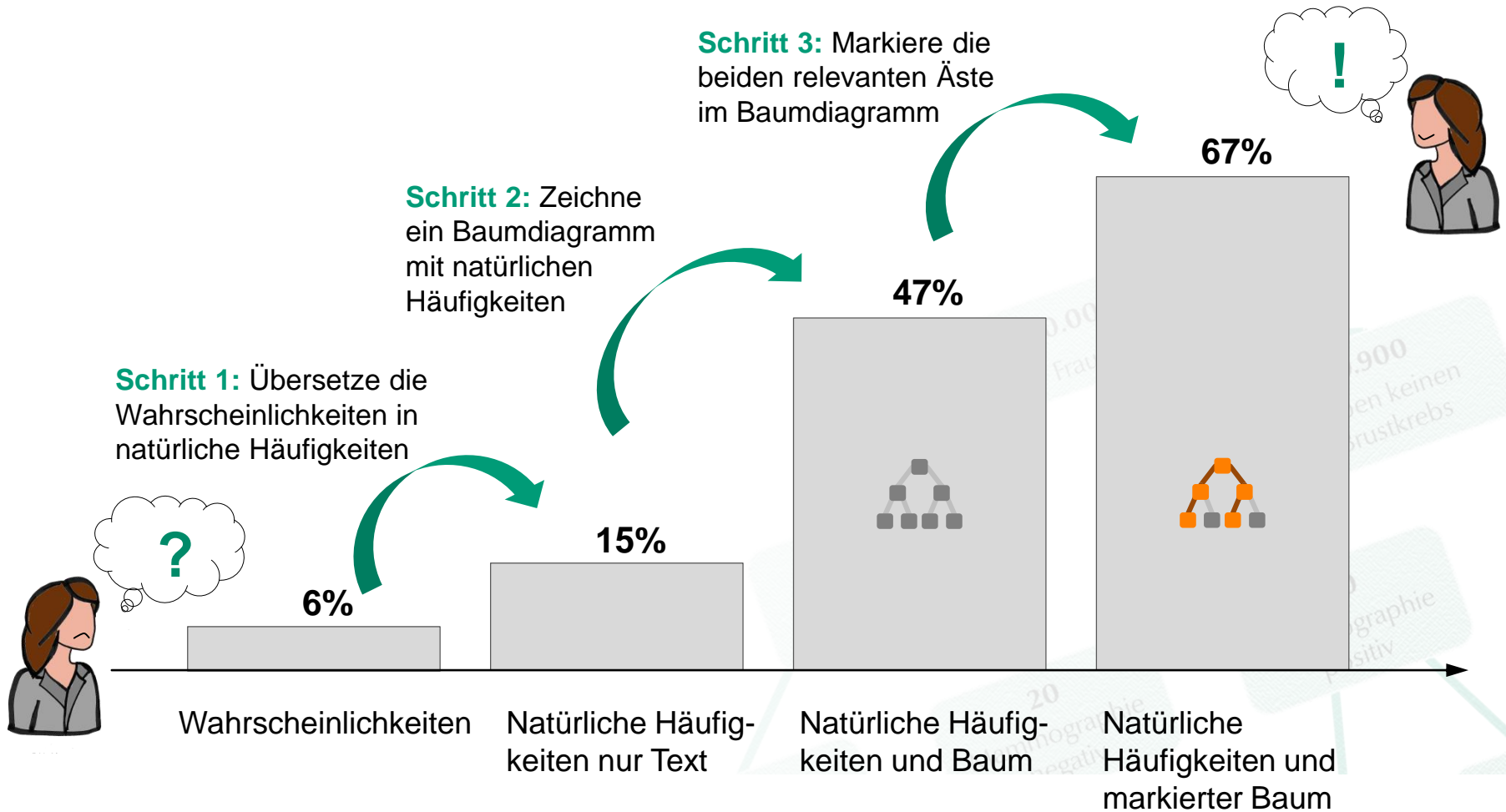
Studienteilnehmer:
198 Medizinstudierende
(Regensburg)



Ergebnisse
(gemittelt über beide Kontexte)



3 Schritte verbessern Bayesianisches Denken



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Fragen und Anregungen auch gerne jederzeit an Karin.Binder@ur.de



Literaturverzeichnis

- Binder, K., Krauss, S. and Bruckmaier, G. (2015). Effects of visualizing statistical information – An empirical study on tree diagrams and 2 x 2 tables. *Frontiers in psychology*, 6(1186).
- Binder, K., Krauss, S. Bruckmaier, G. & Marienhagen, J. (in review). Visualizing the Bayesian 2-test case: The effect of tree diagrams on medical decision making. *PlosOne*.
- Brase, G. (2008). Pictorial representations in statistical reasoning. *Applied Cognitive Psychology*, 23, 369–381.
- Brase, G. (2014). The power of representation and interpretation: doubling statistical reasoning performance with icons and frequentist interpretations of ambiguous numbers. *Journal of Cognitive Psychology*, 26, 81–97.
- Eddy, D. M. (1982). Probabilistic reasoning in clinical medicine: Problems and opportunities. In: Kahneman, D.; Slovic, P. und Tversky, A.: *Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases*. S. 249-267.
- Ellis, K. M. und Brase, G. (2015). Communicating HIV Results to Low-Risk Individuals: Still Hazy After All These Years. *Current HIV research*, 13(5), 381-390.
- Gigerenzer, G. und Hoffrage, U. (1995). *How to improve Bayesian reasoning without instruction: Frequency formats*. Psychological Review 102(4), S. 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*.
- Hoffrage, U., Hafenbrädl, S., und Bouquet, C. (2015). Natural Frequencies Facilitate Diagnostic Inferences of Managers. *Frontiers in Psychology*, 6, 642.
- Krauss, S., Martignon, L. und Hoffrage, U. (1999). Simplifying Bayesian inference: The general case. In: Lorenzo Magnani, Nancy J. Nersessian, Paul Thagard: *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*. S. 165-179. Springer, US.
- McDowell, M. & Jacobs, P. (under review). Meta-Analysis of the effect of natural frequencies on Bayesian reasoning.
- Prinz, R., A Feufel, M., Gigerenzer, G., und Wegwarth, O. (2015). What Counselors Tell Low-Risk Clients About HIV Test Performance. *Current HIV research*, 13(5), 369-380.
- Siegrist, M., und Keller, C. (2011). Natural frequencies and Bayesian reasoning: the impact of formal education and problem context. *J. Risk Res.* 14, 1039–1055.
- Steckelberg A., Balgenorth A., Berger J., Mühlhauser I. (2004). Explaining computation of predictive values: 2 × 2 table versus frequency tree. A randomized controlled trial [ISRCTN74278823]. *BMC Med. Educ.* 4,13.
- Stine, G. J. (1996). *Acquired immune deficiency syndrome: Biological, medical, social, and legal issues*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall (2. Aufl.)
- Wassner, C. (2004). *Förderung Bayesianischen Denkens – Kognitionspsychologische Grundlagen und didaktische Analysen*. KaDiSto Band 4, Kassel.

Studie 1 ■ Design der Untersuchung

- Versuchspersonen: **N = 190** Medizinstudierende der Universität Regensburg (etwa $n = 32$ pro Bedingung)
- **3×2×2-Design** (Visualisierung × Format der Information × Kontext)
 - **Visualisierung:** „Nur Text“ vs. „Text und Baum“ vs. „Nur Baum“
 - **Format der Information:** „Wahrscheinlichkeiten“ vs. „Natürliche Häufigkeiten“
 - **Kontext:** „Brustkrebs“ und „HIV-Tests“, not a factor of interest)
- Jede Versuchsperson bearbeitete **2 Aufgaben** zu 2 verschiedenen medizinischen Kontexten

Nr.	Format der Information	Visualisierung	Kontext: Brustkrebs
1	Wahrscheinlichkeiten	Nur Text	
2		Text und Baum	
3		Nur Baum	
4	Natürliche Häufigkeiten	Nur Text	
5		Text und Baum	
6		Nur Baum	

Nr.	Format der Information	Visualisierung	Kontext: HIV-Tests
7	Wahrscheinlichkeiten	Nur Text	
8		Text und Baum	
9		Nur Baum	
10	Natürliche Häufigkeiten	Nur Text	
11		Text und Baum	
12		Nur Baum	

Studie 2 ■ Design der Untersuchung

- Versuchspersonen: **N = 198** Medizinstudierende der Universität Regensburg (etwa $n = 33$ pro Bedingung)
- **3×2×2-Design** (Visualisierung × Format der Information × Kontext)
 - **Visualisierung:** „Vollständiger Baum“ vs. „Markierter Baum“ vs. „Reduzierter Baum“
 - **Format der Information:** „Wahrscheinlichkeiten“ vs. „Natürliche Häufigkeiten“
 - **Kontext:** „Brustkrebs“ und „HIV-Tests“, not a factor of interest)
- Jede Versuchsperson bearbeitete **2 Aufgaben** zu 2 verschiedenen medizinischen Kontexten (Brustkrebs, HIV-Tests)

Nr.	Format der Information	Visualisierung	Kontext: Brustkrebs
1	Wahrscheinlichkeiten	Vollständiger Baum	
2		Markierter Baum	
3		Reduzierter Baum	
4	Natürliche Häufigkeiten	Vollständiger Baum	
5		Markierter Baum	
6		Reduzierter Baum	

Nr.	Format der Information	Visualisierung	Kontext: HIV-Tests
7	Wahrscheinlichkeiten	Vollständiger Baum	
8		Markierter Baum	
9		Reduzierter Baum	
10	Natürliche Häufigkeiten	Vollständiger Baum	
11		Markierter Baum	
12		Reduzierter Baum	

Tree diagrams for complex Bayesian tasks ■ HIV-tests

