

# Reasoning and argumentation under uncertainty

Mag. Dr. Dr. Niki Pfeifer

17. April 2023

Kumulative Habilitationsschrift

Institut für Philosophie  
Fakultät für Philosophie, Kunst-, Geschichts- und  
Gesellschaftswissenschaften  
Universität Regensburg

## FACHMENTORAT

Prof. Dr. Karl-Heinz T. Bäuml (Universität Regensburg, Fakultät für Humanwissenschaften)

Prof. Dr. Daniel Eggers (Universität Regensburg, Fakultät für Philosophie, Kunst-, Geschichts- und Gesellschaftswissenschaften)

Prof. Dr. Hans Rott (Universität Regensburg, Fakultät für Philosophie, Kunst-, Geschichts- und Gesellschaftswissenschaften)

## FINANZIELLE UNTERSTÜTZUNG

Teile der Arbeit wurden durch das BMBF-Projekt 01UL1906X „Logische und wissenschaftstheoretische Grundlagen des Schließens unter Unsicherheit“ (Projektleiter: Niki Pfeifer) unterstützt.

*This work is dedicated  
to my beloved wife*

*Katrin*

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung der Ergebnisse</b>	<b>5</b>
1.1	Hauptergebnisse der Arbeiten zur Geschichte und zur Theorie . . . . .	8
1.2	Hauptergebnisse der Arbeiten zu Anwendungen . . . . .	11
<b>2</b>	<b>Gesammelte Arbeiten</b>	<b>19</b>
2.1	<b>Arbeiten zur Geschichte (G) und zur Theorie (T)</b> . . . . .	19
	Arbeit G: Die Zähmung des Zufalls . . . . .	19
	Arbeit T1: Probability Logic . . . . .	37
	Arbeit T2: Probabilistic Squares and Hexagons of Opposition under Coherence . . . . .	45
	Arbeit T3: Probability propagation rules for Aristotelian syllogisms . .	58
2.2	<b>Arbeiten zu Anwendungen (A)</b> . . . . .	103
	Arbeit A1: Towards a Conceptual Framework for Conspiracy Theory Theories . . . . .	103
	Arbeit A2: The Logic and Pragmatics of Conditionals under Uncer- tainty: A Mental Probability Logic Perspective . . . . .	116
	Arbeit A3: Modeling the Ellsberg Paradox by Argument Strength . . .	154
	Arbeit A4: Probabilistic Interpretations of Argumentative Attacks . . .	160

# Übersicht der kumulierten Arbeiten

Die kumulative Habilitation besteht aus einer philosophiegeschichtlichen Arbeit (G), drei vorwiegend theoretischen Arbeiten (T1–T3) und vier anwendungsorientierten Arbeiten (A1–A4). Die Beiträge des Habilitationskandidaten sind mit jenen der Koautorinnen gleichverteilt.

**(Arbeit G, S. 19f)** Pfeifer, N. (2022). Die Zähmung des Zufalls: Ein Streifzug durch die Geschichte der Philosophie. In Papathanasiou, K. (Hrsg.). *Zufall. Rechtliche, philosophische und theologische Aspekte* (p. 60–76). Berlin: Duncker & Humboldt.

**(Arbeit T1, S. 37f)** Pfeifer, N. (2021). Probability logic. In Knauff, M. & Spohn, W. (Eds.), *Handbook of Rationality* (p. 277–284). Cambridge: MIT Press.

**(Arbeit T2, S. 45f)** Pfeifer, N. & Sanfilippo, G. (2017). Probabilistic squares and hexagons of opposition under coherence. *International Journal of Approximate Reasoning* 88, 282–294.

**(Arbeit T3, S. 58f)** Pfeifer, N. & Sanfilippo, G. (eingereicht). Probability propagation rules for Aristotelian syllogisms. *Annals of Pure and Applied Logic*.

**(Arbeit A1, S. 103f)** Pfeifer, N. (im Druck). Towards a conceptual framework for conspiracy theory theories. *Social Epistemology*.

**(Arbeit A2, S. 116f)** Pfeifer, N. (im Druck). The logic and pragmatics of conditionals under uncertainty: a mental probability logic perspective. In Kaufmann, S., Over, D. E., & Sharma, G. (Hrsg.). *Conditionals: logic, linguistics and psychology*. London: Palgrave Macmillan (Palgrave Studies in Pragmatics, Language and Cognition).

**(Arbeit A3, S. 154f)** Pfeifer, N. & Pankka, H. (2017). Modeling the Ellsberg paradox by argument strength. In Gunzelmann, G., Howes, A., Tenbrink, T., & Davelaar, E. (Hrsg.). *Proceedings of the 39<sup>th</sup> Cognitive Science Society Meeting* (p. 925–930).

**(Arbeit A4, S. 160f)** Pfeifer, N. & Fermüller, C. G. (2023). Probabilistic interpretations of argumentative attacks: logical and experimental results. *Argument & Computation* (14)1, 75–107.

# Kapitel 1

## Zusammenfassung der Ergebnisse der eingereichten Arbeiten

Schlussfolgerndes Denken und Argumentieren ist sowohl im Alltag als auch in den Wissenschaften mit Unsicherheit verbunden: vorliegendes Wissen ist oft unvollständig, daher sind Prämissen meist unsicher. Der vernünftige Umgang mit Unsicherheit ist daher ein aktuelles und wichtiges Problem. Die folgenden normativen und deskriptiven Fragen werden in der vorliegenden kumulativen Habilitation aus wahrheitslogischen, epistemologischen, wissenschaftstheoretischen und psychologischen Perspektiven untersucht:

*Wie sollen Schlussfolgerungen unter Unsicherheit gezogen werden?*

*Wie werden Schlussfolgerungen unter unsicheren Prämissen tatsächlich gezogen?*

Der bekannteste und am besten erforschte wissenschaftliche Zugang zur Unsicherheit ist die Wahrscheinlichkeitstheorie, wobei mehrere philosophische Interpretationen unterschieden werden (beispielsweise *objektive* Interpretationen wie etwa die klassische, logische oder die frequentistische Interpretation und *subjektive* Interpretationen; eine Übersicht bietet Hájek, 2019, siehe auch Kapitel C in Arbeit G unten). Alle Arbeiten der Habilitation verwenden den auf Bruno de Finetti (1970/1974) zurückgehenden subjektiven Wahrscheinlichkeitsbegriff (auch „kohärenzbasierte Wahrscheinlichkeitstheorie“ genannt) und befinden sich innerhalb des normativen Rahmens der *kohärenzbasierten Wahrscheinlichkeitslogik* (Coletti & Scozzafava, 2002; Gilio, 2002; Pfeifer & Kleiter, 2009). *Kohärenz* bezieht sich hier also auf den subjektiven Wahrscheinlichkeitsbegriff und soll nicht mit anderen Verwendungsweisen (wie etwa mit der erkenntnis-

theoretischen Forderung, dass Überzeugungen zusammenhängen und sich nicht widersprechen sollen, siehe beispielsweise BonJour, 1985) verwechselt werden. Eine der prominentesten Zugänge zur *Kohärenz* im gemeinten Sinne basiert auf der Idee, dass es vernünftig ist, Wettsysteme zu vermeiden, die mit Sicherheit zu Verlust führen (es soll kein sogenanntes *Dutch book* akzeptiert werden). Dabei werden Wettquotienten mit Wahrscheinlichkeiten in Verbindung gebracht, wodurch der subjektive Wahrscheinlichkeitsbegriff mathematisch begründet werden kann. Näheres zum kohärenzbasierten Wahrscheinlichkeitsbegriff findet sich einfürend in der Arbeit T1 (Kapitel 2) sowie technischer und detaillierter in den Arbeiten T2 und T3.

In der kohärenzbasierten Wahrscheinlichkeitslogik wird zunächst geprüft, ob die Prämissenwahrscheinlichkeiten kohärent sind. Aus kohärenten Prämissenwahrscheinlichkeiten werden dann die bestmöglichen kohärenten Wahrscheinlichkeitsschranken der Konklusion erschlossen: Bewertungen, die außerhalb der kohärenten Konklusionswahrscheinlichkeitsschranken liegen, sind inkohärent und – weil sie in Wetten, die mit Sicherheit zu Verlust führen, übersetzt werden können – somit unvernünftig. Wahrscheinlichkeitsbewertungen innerhalb dieser Schranken sind kohärent. Beispielsweise folgt aus den beiden probabilistischen Prämissen

**Prämisse 1:**  $p(\text{ich bin um 19:00 Uhr zu Hause} \mid \text{ich nehme den Zug um 18:00 Uhr}) = 0,9$

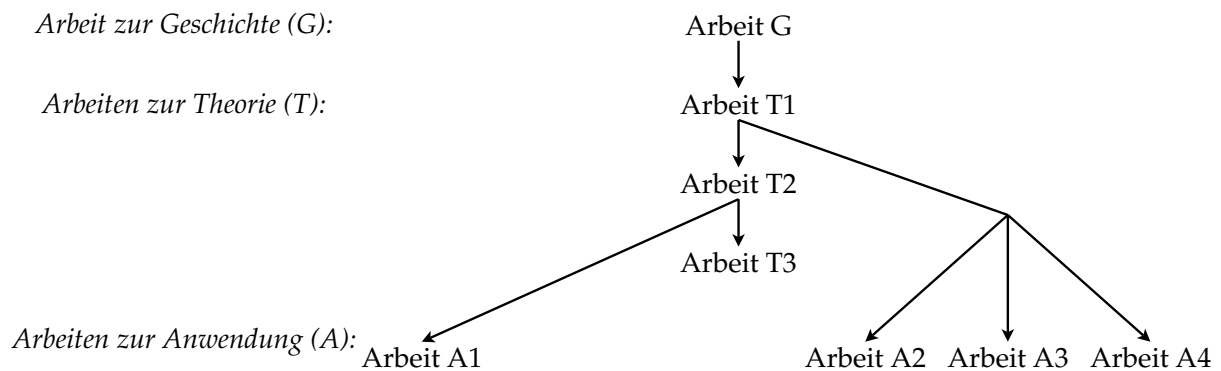
**Prämisse 2:**  $p(\text{ich nehme den Zug um 18:00 Uhr}) = 0,9$

folgende

**Konklusion:**  $0,81 \leq p(\text{ich bin um 19:00 Uhr zu Hause}) \leq 0,91,$

wobei Prämisse 1 eine bedingte Wahrscheinlichkeitsaussage ist (lies „... | ...“ als „... gegeben ...“) und die Werte 0,81 und 0,91 die bestmöglichen kohärenten Schranken sind, die aus dem *probabilistischen Modus Ponens* (siehe beispielsweise Pfeifer & Kleiter, 2006, 2009, und (MP) auf Seite 281 in Arbeit T1 unten) folgen. Innerhalb der Wahrscheinlichkeitslogik kann nur festgestellt werden, ob die Prämissenwahrscheinlichkeiten kohärent sind und, wenn ja, wie diese auf die Konklusion übertragen werden sollen. Ob die Prämissenwahrscheinlichkeiten beispielsweise die durchschnittliche Pünktlichkeit der Bahn korrekt abbilden, kann jedoch nicht alleine mithilfe von Wahrscheinlichkeitslogik bestimmt werden: Dieses Problem der Prämissenbewertung ist auch nicht Gegenstand der vorliegenden Habilitation.

Die nachfolgenden Arbeiten gliedern sich in zwei Gruppen. Die erste Gruppe ist nach einer philosophiegeschichtlichen Einbettung des kohärenzbasierten Wahrscheinlichkeitsbegriffs (Arbeit G) vorwiegend theoretischen Aspekten gewidmet (Arbeiten T1–T3). In der zweiten Gruppe werden Anwendungen präsentiert (Arbeiten A1–A4). Der Zusammenhang der Arbeiten wird im folgenden Schaubild schematisch dargestellt.



### Die Hauptergebnisse der Habilitation umfassen

- eine philosophiegeschichtliche Untersuchung des Begriffs des Zufalls, die den Wahrscheinlichkeitsbegriff der vorliegenden Arbeit in einen historischen Kontext bettet (Arbeit G: Pfeifer, 2022),
- die Vorstellung der kohärenzbasierten Wahrscheinlichkeitslogik als Rationalitätsnorm für vernünftiges Denken unter Unsicherheit (Arbeit T1: Pfeifer, 2021),
- eine wahrscheinlichkeitslogische Semantik logischer Quadrate und Hexagone der Gegensätze (Arbeit T2: Pfeifer & Sanfilippo, 2017),
- eine wahrscheinlichkeitslogische Semantik Aristotelischer Syllogismen mit Brücken zum nichtmonotonen Schließen und generalisierten Quantoren (Arbeit T3: Pfeifer & Sanfilippo, eingereicht),
- eine Klassifikation und Analyse theoretischer Positionen in der Verschwörungstheorienforschung (Arbeit A1: Pfeifer, im Druck b), basierend auf dem probabilistischen Hexagon der Gegensätze (T1),
- eine experimentalphilosophische Studie zur probabilistischen Semantik von Konditionalsätzen (Arbeit A2: Pfeifer, im Druck a),



- eine experimentalphilosophische Untersuchung des in Pfeifer (2013b) vorgeschlagenen Maßes von Argumentstärke, das auch zur Auflösung des entscheidungstheoretischen Ellsberg-Paradoxons dient (Arbeit A3: Pfeifer & Pankka, 2017), und schließlich
- eine formale und empirische argumentationstheoretische Untersuchung logischer Prinzipien quantitativer Attackenstärke (Arbeit A4: Pfeifer & Fermüller, 2023).

## 1.1 Hauptergebnisse der Arbeiten zur Geschichte und zur Theorie

In der philosophiegeschichtlichen Arbeit G *Die Zähmung des Zufalls: Ein Streifzug durch die Geschichte der Philosophie* (Seite 19f) wird der Begriff des Zufalls im Lichte historischer Wahrscheinlichkeitsbegriffe und philosophischer Interpretationen von Wahrscheinlichkeit analysiert. Zufall fasse ich als metaphysisches Gegenstück des Wahrscheinlichkeitsbegriffs auf. Da der *ontologische Status*<sup>1</sup> subjektiver und objektiver Wahrscheinlichkeiten divergiert, bleibt der metaphysische Status des Zufalls unklar. Dieser Befund ist mit dem subjektiven Wahrscheinlichkeitsbegriff, der den Habilitationsarbeiten zugrunde liegt, konsistent.

Die theoretische Arbeit T1 *Probability logic* (Seite 37f) vertieft die Diskussion der in Arbeit G erwähnten subjektiven Wahrscheinlichkeiten und bietet eine Einführung in die Theorie und Anwendung der kohärenzbasierten Wahrscheinlichkeitslogik als Rationalitätsnorm für das schlussfolgernde Denken unter Unsicherheit. Während Sätze in der klassischen Logik qualitativ mit Wahrheitswerten (*wahr, falsch*) bewertet werden, erlaubt Wahrscheinlichkeitslogik eine quantitative Bewertung (Werte aus dem Einheitsintervall  $[0, 1]$ ; siehe auch Adams (1975); Coletti und Scozzafava (2002); Halperin (1996)).

Konditionalsätze (*wenn A, dann B*) werden in der klassischen Logik üblicherweise mit dem materialen Konditional ( $A \supset B$  wird mit *wahr/falsch* bewertet) interpretiert,

---

<sup>1</sup>Der ontologische Status von Wahrscheinlichkeit bezieht sich darauf, ob Wahrscheinlichkeit eine objektiv existierende Größe in der Welt ist oder nicht. Diese Frage ist nicht notwendigerweise mit der Interpretation von Wahrscheinlichkeit verknüpft: Beispielsweise ist es denkbar, dass objektiv existierende Wahrscheinlichkeiten mit subjektiven Wahrscheinlichkeiten bewertet werden können.

wohingegen in der Wahrscheinlichkeitslogik bedingte Wahrscheinlichkeiten ( $p(B|A)$  aus  $[0, 1]$ ) zur Bewertung zur Verfügung stehen. Traditionell wird für bedingte Wahrscheinlichkeiten vorausgesetzt, dass das bedingende Ereignis ( $A$ ) eine positive Wahrscheinlichkeit hat ( $p(A) > 0$ ), damit Divisionen durch null vermieden werden:

$$p(B|A) =_{\text{def.}} \frac{p(A \text{ und } B)}{p(A)}.$$

In der kohärenzbasierten Wahrscheinlichkeitslogik sind bedingte Wahrscheinlichkeiten primitiv: Das heißt, dass bedingte Wahrscheinlichkeitswerte *direkt* zugeordnet werden können, ohne dass obiger Bruch gebildet werden muss. Bedingende Ereignisse müssen zwar logisch möglich sein, sie können aber mit dem Wahrscheinlichkeitswert 0 bewertet werden. Näheres dazu findet sich mit konkreten Beispielen – warum dieser Aspekt nicht nur theoretisch sondern auch praktisch relevant ist – in Kapitel 2 von Arbeit T1. Für die Bewertung der Rationalität von Argumenten (die aus Prämissen und Konklusionen bestehen) wird in der klassischen Logik die logische Gültigkeit als Rationalitätskriterium herangezogen. In der Wahrscheinlichkeitslogik werden die Wahrscheinlichkeiten von den Prämissen auf die Konklusion übertragen. Aus probabilistischen Prämissen resultieren meist untere und obere Wahrscheinlichkeitsschranken, innerhalb derer sich kohärente Konklusionswahrscheinlichkeiten befinden.

In der Arbeit T1 diskutiere ich auch die psychologische Plausibilität von Wahrscheinlichkeitslogik. Es konnte durch psychologische Experimente gezeigt werden, dass bedingte Wahrscheinlichkeiten die besten Prädiktoren für die Wahrscheinlichkeitsbewertungen von Konditionalsätzen durch die Versuchspersonen sind (siehe beispielsweise Evans, Handley und Over (2003); Fugard, Pfeifer, Mayerhofer und Kleiter (2011); Pfeifer (2013a) und Arbeit A2 unten). Zudem befinden sich die meisten Konklusionswahrscheinlichkeiten der Versuchspersonen innerhalb der von der Wahrscheinlichkeitslogik vorhergesagten Schranken (Pfeifer & Kleiter, 2005, 2010, 2011). Arbeit T1 erklärt, warum Wahrscheinlichkeitslogik nicht nur formale Vorteile gegenüber klassischer Logik als Rationalitätsnorm hat, sondern auch psychologisch plausiblere Eigenschaften vorweist (siehe auch Evans & Over, 2004; Oaksford & Chater, 2007).

In der Arbeit T2 *Probabilistic squares and hexagons of opposition under coherence* (Seite 45f) untersuchen wir das traditionelle logische Quadrat (Parsons, 2021) aus wahrscheinlichkeitslogischer Perspektive. Das logische Quadrat ist eine grafische Darstellung der logischen Beziehungen zwischen den vier Satztypen, die in der Aristotelischen Syllogistik vorkommen. Die vier Satztypen sind

- (A) *Jedes S ist P,*
- (E) *Kein S ist P,*
- (I) *Mindestens ein S ist P und*
- (O) *Mindestens ein S ist nicht-P,*

wobei  $S$  für einen Subjektterm (z. B. „Mensch“) und  $P$  für einen Prädikatsterm steht (z. B. „sterblich“). Entsprechend eingesetzt, steht beispielsweise der Satz (A) *Jeder Mensch ist sterblich* im kontradiktorischen Widerspruch zum Satz (O) *Mindestens ein Mensch ist nicht sterblich*: Das bedeutet, dass die Sätze (A) und (O) weder zusammen wahr noch zusammen falsch sein können. Wenn die vier syllogistischen Satztypen in vier entsprechende Ecken gesetzt werden und durch Linien, die die verschiedenen logischen Beziehungen kennzeichnen, miteinander verbunden werden, entsteht das klassische logische Quadrat der Gegensätze. Besonders im Mittelalter, aber auch in den letzten Jahren wurde intensiv an möglichen Semantiken des logischen Quadrats geforscht (beispielsweise Beziau & Vandoulakis, 2022). Dabei geht es um die Frage, wie die vier Satztypen zu interpretieren sind und welche logischen Beziehungen zwischen ihnen herrschen. In der Arbeit T2 werden diese Satztypen als bedingte Wahrscheinlichkeitsaussagen interpretiert. Beispielsweise kann (A) *Jedes S ist P* als  $p(P|S) = 1$  interpretiert werden. Wir konnten zeigen, dass

- alle traditionellen logischen Beziehungen unter unserer probabilistischen Interpretation erhalten bleiben,
- das logische Quadrat als Hexagon erweiterbar ist,
- das Hexagon zur Repräsentation von Sätzen mit generalisierten Quantoren (beispielsweise *die meisten S sind P*) geeignet ist und
- sich Brücken zum probabilistischen *default reasoning* schlagen lassen: beispielsweise lässt sich der Satztyp (A) als *default (P folgt normalerweise aus S)* und Satztyp (I) als *negierter default (nicht-P folgt nicht normalerweise aus S)* ausdrücken.

In der dritten theoretisch angelegten Arbeit T3 *Probability propagation rules for Aristotelian syllogisms* (Seite 58f) analysieren wir Aristotelische Syllogismen aus wahrscheinlichkeitslogischer Perspektive. Syllogismen sind Argumente, die mithilfe der bereits erwähnten Satztypen (A), (E), (I) und (O) gebildet werden und aus zwei Prämissen (in denen neben  $S$  und  $P$  auch ein Mittelterm  $M$  vorkommt) und einer Konklusion bestehen (in der immer nur  $S$  und  $P$  vorkommen). Wie in der Arbeit T2 interpretieren

wir die syllogistischen Satztypen als bedingte Wahrscheinlichkeitsaussagen. Beispielsweise zeigen wir, dass der Syllogismus *Modus Barbara* nicht uneingeschränkt in der Wahrscheinlichkeitslogik gilt: Aus  $p(P|M) = 1$  (*jedes M ist P*) und  $p(M|S) = 1$  (*jedes S ist M*) folgt nicht  $p(P|S) = 1$  (*jedes S ist P*), sondern nur das nicht informative Einheitsintervall  $[0, 1]$  (also dass alle Werte aus  $[0, 1]$  kohärent sind). Für die Gültigkeit der probabilistischen Version von *Modus Barbara* ist eine weitere probabilistische Einschränkung der Prämissen notwendig, die wir als „probabilistische existenzielle Voraussetzungen“ (*probabilistic existential import*) interpretieren. Damit die Konklusion  $p(P|S) = 1$  aus den Prämissen des *Modus Barbara* folgt, postulieren wir zusätzlich eine schwächere probabilistische existentielle Voraussetzung als jene, die aus positiven bedingenden Ereignissen besteht: Wie oben erwähnt, können in der kohärenzbasierten Wahrscheinlichkeitslogik bedingende Ereignisse mit null bewertet werden. Dadurch konnten wir folgende Hauptergebnisse in der Arbeit T3 erreichen:

- Wir präsentieren Beweise für kohärente Wahrscheinlichkeitspropagierungsregeln für alle drei Aristotelischen syllogistischen Figuren, aus denen alle traditionell gültigen Syllogismen folgen.
- Durch die Formulierung von Syllogismen mithilfe von *defaults* und negierten *defaults* entstehen neue gültige Regeln des nichtmonotonen Schließens. Somit konnte eine Brücke von antiken Syllogismen zu logischen Systemen aus der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts geschlagen werden.
- Wir verallgemeinerten Aristotelische Syllogismen durch Syllogismen, die generalisierte Quantoren enthalten (also Quantoren die „zwischen“ dem All- und dem Existenzquantor liegen, wie beispielsweise *Die meisten*). Generalisierte Quantoren sind flexibler und näher an der Argumentationspraxis als traditionelle logische Quantoren: Der Allquantor ist zu strikt, da er keine Ausnahmen zulässt und der Existenzquantor ist zu schwach, da er nur über *mindestens ein* Objekt quantifiziert.

## 1.2 Hauptergebnisse der Arbeiten zu Anwendungen

Eine begriffsanalytische Anwendung der in Arbeit T2 präsentierten Theorie des probabilistischen logischen Quadrats und Hexagons der Gegensätze findet sich in der Arbeit A1 *Towards a conceptual framework for conspiracy theory theories* (Seite 103f). Die in

der Literatur diskutierten gegensätzlichen *generalistischen* und *partikularistischen* Positionen und deren logische Beziehungen untereinander werden in dieser Arbeit klassifiziert und analysiert. Im Generalismus wird davon ausgegangen, dass es Eigenschaften gibt, die allen Verschwörungstheorien gemein sind wohingegen partikularistische Positionen dies verneinen (siehe beispielsweise Dentith, 2014). Anhand von Beispielen werden tatsächlich vertretene und logisch mögliche Positionen in der Verschwörungstheorienforschung diskutiert. Beispielsweise steht die generalistische Position *Jede Verschwörungstheorie ist falsch* im kontradiktorischen Widerspruch zur partikularistischen Position *Mindestens eine Verschwörungstheorie ist nicht falsch*. Die vorgeschlagene Klassifikation in Pfeifer (im Druck b) bietet einen Beitrag zur differenzierten Diskussion bereits existierender und möglicher neuer Positionen.

Aufbauend auf den Überlegungen in Arbeit T1, untersuche ich in der Arbeit A2 *The logic and pragmatics of conditionals under uncertainty: a mental probability logic perspective* (Seite 116f) wie Menschen unsichere Konditionalsätze verstehen. Mithilfe der probabilistischen Wahrheitstafelaufgabe wird empirisch belegt, dass Versuchspersonen unsichere Konditionalsätze als bedingte Wahrscheinlichkeitsaussagen auffassen. Dieses Ergebnis repliziert erstens Ergebnisse früherer Untersuchungen (siehe beispielsweise Fugard et al., 2011; Kleiter, Fugard & Pfeifer, 2018; Pfeifer, 2013a; Pfeifer & Stöckle-Schobel, 2015; Pfeifer & Tulkki, 2017). Zweitens werden in der Arbeit A2 erstmals inferentialistische Hypothesen der Interpretation von Konditionalsätzen innerhalb von diesem Experimentalparadigma untersucht. Gemäß inferentialistischer Theorien von Konditionalsätzen muss der „Wenn-Teil“  $A$  eines Konditionalsatzes *wenn  $A$  dann  $B$*  in einer inferenziellen Beziehung zum Dann-Teil  $B$  stehen, um dem Konditionalsatz hohe Glaubensgrade zuordnen zu können (siehe beispielsweise Douven, 2016). Beispielsweise werden Konditionale im Lichte kausaler Beziehungen bewertet, also inwiefern  $A$  eine Ursache für  $B$  ist. Demgemäß ist der Glaubensgrad eines Konditionalsatzes *wenn  $A$  dann  $B$*  nicht bloß von der entsprechenden bedingten Wahrscheinlichkeit  $p(B|A)$  abhängig, sondern von weiteren (beispielsweise kausalen) Bedingungen. Positive kausale Beziehungen werden üblicherweise durch positive  $\Delta p$ -Werte bestimmt ( $\Delta p$  als Maß für den kausalen Zusammenhang von  $A$  und  $B$  wird als die Differenz zwischen  $p(B|A)$  und  $p(B|\text{nicht-}A)$  definiert). Wenn keine kausale Beziehung besteht, ist  $\Delta p = 0$ . Wenn eine negative kausale Beziehung besteht, ist  $\Delta p$  negativ. In Pfeifer (im Druck a) wurde  $\Delta p$  erstmals im Lichte der probabilistischen Wahrheitstafelaufgabe systematisch untersucht. Es stellte sich heraus, dass menschliches Antwortverhalten unabhängig von  $\Delta p$

ist. Daher konnte die inferentialistische Hypothese nicht bestätigt werden. Die selbst erhobenen Daten bestätigen die Hypothese, dass Menschen die Unsicherheit von Konditionalsätzen als bedingte Wahrscheinlichkeiten auffassen.

Die letzten beiden anwendungsorientierten Arbeiten A3 und A4 beschäftigen sich mit Argumentation unter Unsicherheit. Bei beiden Arbeiten spielt die in Arbeit T1 beschriebene kohärenzbasierte Wahrscheinlichkeitslogik wieder eine wesentliche Rolle. In der Arbeit A3 *Modeling the Ellsberg paradox by argument strength* (Seite 154f) wenden wir das in Pfeifer (2013b) vorgeschlagene formale Maß von Argumentstärke in Situationen an, die dem entscheidungstheoretischen Ellsberg-Paradoxon entsprechen. Argumente gemäß diesem Maß werden *formal starke* Argumente genannt, wenn die Prämissen die kohärente Konklusionswahrscheinlichkeit so einschränken, dass sie (i) möglichst nahe dem maximalen Wahrscheinlichkeitswert 1 sind und (ii) die Schranken der Konklusionswahrscheinlichkeit möglichst eng sind. Diese Idee erlaubt eine neue Lösung des Ellsberg-Paradoxons, indem scheinbar unvernünftiges Wahlverhalten durch Anwendung des Argumentstärkemaßes als rationales Wahlverhalten rekonstruiert wird. Dabei werden die Informationen zu den einzelnen Wetten, die in der Ellsberg-Situation zur Wahl angeboten werden, als wahrscheinlichkeitslogische Argumente präsentiert. Die einzelnen Argumente entsprechen dann Argumenten für die Wahl der jeweiligen Wette. Zudem konnten wir mit selbst erhobenen experimentalphilosophischen Daten die rationale Rekonstruktion der Ellsberg-Situationen als Argumentstärkeaufgaben empirisch bestätigen.

In der Arbeit A4 *Probabilistic interpretations of argumentative attacks: logical and experimental results* (Seite 160f) untersuchen wir logische Prinzipien argumentativer Attacken aus quantitativer Perspektive. Während in diesem Kontext üblicherweise qualitativ vorgegangen wird (*attackiert* versus *attackiert nicht*, siehe beispielsweise Dung (1995)), verwenden wir die kohärenzbasierte Wahrscheinlichkeitslogik, um eine Auswahlmethode zwischen vernünftigen und unvernünftigen logischen Prinzipien für Attackenstärke zu entwickeln. Dabei wird Attackenstärke quantitativ aufgefasst, da sie probabilistisch interpretiert wird. Der umfangreichen formalen Analyse schlossen wir eine explorative experimentalphilosophische Studie zur Prüfung der psychologischen Plausibilität der vorgeschlagenen Semantik an. Die Ergebnisse der empirischen Studie lassen noch keinen eindeutigen Befund zu, bilden aber eine gute Basis für weitere psychologische Untersuchungen.

Zusammenfassend bieten die Ergebnisse der Habilitation neue Beiträge in folgenden Teildisziplinen der Philosophie:

**Erkenntnistheorie** Die Ergebnisse der Forschungen zur wahrscheinlichkeitstheoretischen Prämissenbewertung und zum Schließen unter Unsicherheit bilden (T1–T3) einen Fortschritt innerhalb der formalen Erkenntnistheorie. Die Arbeit A1 zur Verschwörungstheorienforschung ist ein Beitrag zur sozialen Erkenntnistheorie.

**Wissenschaftstheorie** Wahrscheinlichkeitslogik hat sich als vielversprechende Rationalitätsnorm für die Philosophie der Psychologie und Kognition herausgestellt (T1, A2). Geschlagene Brücken zwischen Psychologie (T1, A2), Logik (T2, T3), Argumentationstheorie (A3, A4) und Entscheidungstheorie (A3) sind wissenschaftstheoretische Fallbeispiele interdisziplinärer Forschung. Ein weiterer wissenschaftstheoretischer Beitrag ist die metatheoretische Untersuchung der gegenwärtigen Verschwörungstheorienforschung (A1).

**Sprachphilosophie** Die probabilistischen Analysen von Konditionalsätzen und quantifizierten Sätzen sind sprachphilosophische Beiträge (A2, T2).

**Logik** Wahrscheinlichkeitslogik kann durch Hinzufügung von Wahrscheinlichkeitsbewertungen und durch die Interpretation von Konditionalsätzen als bedingte Wahrscheinlichkeitsaussagen als verallgemeinerte klassische Logik aufgefasst werden (T1, T3). Neu entwickelte Gültigkeitsbegriffe (*valid* und *s-valid*) probabilistischer Interpretationen traditioneller Syllogismen (T3), logische Beziehungen zwischen syllogistischen Satztypen (T2) und logische Prinzipien formaler Attackenstärke (A4) sind weitere Beiträge auf dem Gebiet der Logik.

**Geschichte der Philosophie** Neuinterpretationen und Rekonstruktionen antiker (Aristotelischer) Logik (T2, T3) sowie die historische Analyse des Wahrscheinlichkeitsbegriffs (G) bilden Beiträge zur Geschichte der Philosophie.

**Philosophie des Geistes** Die Arbeit A2, wie der Geist Konditionale interpretiert, und die Arbeiten A3 und A4 zur Erforschung der Kognition in der Argumentation sind empirische Beiträge zu einer wissenschaftlich informierten Philosophie des Geistes.

# Literaturverzeichnis

- Adams, E. W. (1975). *The logic of conditionals. An application of probability to deduction.* Dordrecht: Reidel.
- Beziau, J.-Y. & Vandoulakis, I. (Hrsg.). (2022). *The exoteric square of opposition. The Sixth World Congress on the Square of Opposition.* Cham: Birkhäuser.
- BonJour, L. (1985). *The structure of empirical knowledge.* Cambridge: Harvard University Press.
- Coletti, G. & Scozzafava, R. (2002). *Probabilistic logic in a coherent setting.* Dordrecht: Kluwer.
- de Finetti, B. (1970/1974). *Theory of probability* (Bde. 1, 2). Chichester: John Wiley & Sons.
- Dentith, M. R. X. (Hrsg.). (2014). *The philosophy of conspiracy theories.* New York: Palgrave Macmillan.
- Douven, I. (2016). *The epistemology of indicative conditionals: formal and empirical approaches.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Dung, P. M. (1995). On the acceptability of arguments and its fundamental role in nonmonotonic reasoning, logic programming and  $n$ -person games. *Artificial Intelligence*, 77 (9), 321–357.
- Evans, J. St. B. T., Handley, S. J. & Over, D. E. (2003). Conditionals and conditional probability. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29 (2), 321-355.
- Evans, J. St. B. T. & Over, D. E. (2004). *If.* Oxford: Oxford University Press.
- Fugard, A. J. B., Pfeifer, N., Mayerhofer, B. & Kleiter, G. D. (2011). How people interpret conditionals: Shifts towards the conditional event. *Journal of Experimental*



- Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37 (3), 635–648.
- Gilio, A. (2002). Probabilistic reasoning under coherence in System P. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 34, 5–34.
- Hailperin, T. (1996). *Sentential probability logic. Origins, development, current status, and technical applications*. Bethlehem: Lehigh University Press.
- Hájek, A. (2019). Interpretations of Probability. In E. N. Zalta (Hrsg.), *The Stanford encyclopedia of philosophy* (Fall 2019 Aufl.). Metaphysics Research Lab, Stanford University. Zugriff auf <https://plato.stanford.edu/archives/fall2019/entries/probability-interpret/>
- Kleiter, G. D., Fugard, A. J. B. & Pfeifer, N. (2018). A process model of the understanding of uncertain conditionals. *Thinking & Reasoning*, 24 (3), 386–422.
- Oaksford, M. & Chater, N. (2007). *Bayesian rationality: The probabilistic approach to human reasoning*. Oxford: Oxford University Press.
- Parsons, T. (2021). The traditional square of opposition. In E. N. Zalta (Hrsg.), *The stanford encyclopedia of philosophy* (Fall 2021 Aufl.). Zugriff auf <https://plato.stanford.edu/archives/fall2021/entries/square/>
- Pfeifer, N. (2013a). The new psychology of reasoning: A mental probability logical perspective. *Thinking & Reasoning*, 19 (3–4), 329–345.
- Pfeifer, N. (2013b). On argument strength. In F. Zenker (Hrsg.), *Bayesian argumentation. The practical side of probability* (S. 185–193). Dordrecht: Synthese Library (Springer).
- Pfeifer, N. (2021). Probability logic. In M. Knauff & W. Spohn (Hrsg.), *Handbook of rationality* (S. 277–284). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Pfeifer, N. (2022). Die Zählung des Zufalls: Ein Streifzug durch die Geschichte der Philosophie. In K. Papathanasiou (Hrsg.), *Zufall. Rechtliche, philosophische und theologische Aspekte* (S. 60–76). Berlin: Duncker & Humbolt.
- Pfeifer, N. (im Druck a). The logic and pragmatics of conditionals under uncertainty: a mental probability logic perspective. In S. Kaufmann, D. E. Over & G. Sharma (Hrsg.), *Conditionals — logic, linguistics, and psychology*. London: Palgrave Macmillan.

- Pfeifer, N. (im Druck b). Towards a conceptual framework for conspiracy theory theories. *Social Epistemology*.
- Pfeifer, N. & Fermüller, C. G. (2023). Probabilistic interpretations of argumentative attacks: logical and experimental results. *Argument & Computation*, 14 (1), 75–107.
- Pfeifer, N. & Kleiter, G. D. (2005). Coherence and nonmonotonicity in human reasoning. *Synthese*, 146 (1-2), 93-109.
- Pfeifer, N. & Kleiter, G. D. (2006). Inference in conditional probability logic. *Kybernetika*, 42, 391-404.
- Pfeifer, N. & Kleiter, G. D. (2009). Framing human inference by coherence based probability logic. *Journal of Applied Logic*, 7 (2), 206–217.
- Pfeifer, N. & Kleiter, G. D. (2010). The conditional in mental probability logic. In M. Oaksford & N. Chater (Hrsg.), *Cognition and conditionals: Probability and logic in human thought* (S. 153–173). Oxford: Oxford University Press.
- Pfeifer, N. & Kleiter, G. D. (2011). Uncertain deductive reasoning. In K. Manktelow, D. E. Over & S. Elqayam (Hrsg.), *The science of reason: A Festschrift for Jonathan St. B.T. Evans* (S. 145-166). Hove: Psychology Press.
- Pfeifer, N. & Pankka, H. (2017). Modeling the Ellsberg paradox by argument strength. In G. Gunzelmann, A. Howes, T. Tenbrink & E. Davelaar (Hrsg.), *Proceedings of the 39<sup>th</sup> Cognitive Science Society Meeting* (S. 2888–2893). Austin, TX: The Cognitive Science Society.
- Pfeifer, N. & Sanfilippo, G. (2017). Probabilistic squares and hexagons of opposition under coherence. *International Journal of Approximate Reasoning*, 88, 282–294.
- Pfeifer, N. & Sanfilippo, G. (eingereicht). Probability propagation rules for Aristotelian syllogisms. *Annals of Pure and Applied Logic*.
- Pfeifer, N. & Stöckle-Schobel, R. (2015). Uncertain conditionals and counterfactuals in (non-)causal settings. In G. Airenti, B. G. Bara & S. G. (Hrsg.), *Proceedings of the EuroAsianPacific Joint Conference on Cognitive Science (4<sup>th</sup> European Conference on Cognitive Science; 10<sup>th</sup> International Conference on Cognitive Science)* (Bd. 1419, S. 651–656). Aachen: CEUR Workshop Proceedings. Zugriff auf <http://ceur-ws>

.org/Vol-1419/paper0108.pdf

Pfeifer, N. & Tulkki, L. (2017). Abductive, causal, and counterfactual conditionals under incomplete probabilistic knowledge. In G. Gunzelmann, A. Howes, T. Tenbrink & E. Davelaar (Hrsg.), *Proceedings of the 39<sup>th</sup> Cognitive Science Society Meeting* (S. 2888–2893). Austin, TX: The Cognitive Science Society.