

Quantum Logik

Die Forderung, dass Logik Gegenstand empirischer Forschung sein sollte, wurde erstmals von von Neumann und Birkhoff in den *Annals of Mathematics* artikuliert (Birkhoff & Neumann, 1936). Diese Position wurde später auch von Hilary Putnam vertreten (Cartwright, 2005; Maudlin, 2005). Er argumentierte, dass in der gleichen Weise, wie die nicht-euklidische Geometrie die Geometrie revolutionierte, die Quantenmechanik die Grundannahmen der Logik veränderte. In seinem bahnbrechenden Aufsatz mit dem Titel „Is logic empirical“ schlug Putnam die Aufgabe des algebraischen Prinzips der Distributivität vor, eine Position, die aus verschiedenen Gründen in Frage gestellt wurde (Bacciagaluppi, 2009; Gardner, 1971). Das Distributivitätsprinzip hat im Zusammenhang mit irrationalem Denken große Aufmerksamkeit erhalten (Hampton, 2013; Sozzo, 2015), zum Beispiel im Zusammenhang mit dem Konjunktionstrugschluss (z. B. das Linda-Paradoxon). Während jedoch Verletzungen des Distributivitätsprinzips in der klassischen Logik inkonsistent sind, sind sie im axiomatischen Rahmen vollkommen konsistent und verschiedene prima vista scheinbar irrationale Argumentationsfehler wurden erfolgreich mit Hilfe der Quantenlogik modelliert (Moreira & Wichert, 2016b). Ein zentraler Unterschied zur klassischen Booleschen Algebra wird durch das von Neumannsche Konzept der „simultanen Entscheidbarkeit“ und der Erweiterung der simultanen Messung beschrieben. Birkhoffs und von Neumanns Interpretation der Quantenmechanik wurde in der Wissenschaftstheorie ausführlich diskutiert, unter anderem von Karl Popper (Popper, 1968). In der psychologischen Literatur dominiert die klassische Wahrscheinlichkeitstheorie alle Modellierungsbemühungen. Das heißt, fast alle kognitiven und neurowissenschaftlichen Modelle gehen implizit von der Gültigkeit der klassischen Wahrscheinlichkeitstheorie aus. Das Standardmodell der Wahrscheinlichkeit (bekannt als Boltzmann/Gibbs-Verteilung in der Physik oder Kolmogorovs Gesetze in der klassischen Wahrscheinlichkeitstheorie) basiert auf der mengentheoretischen Annahme, dass Wahrscheinlichkeiten sich immer zu 1 addieren. Dies ist formal axiomatisiert im Gesetz der bedingten Wahrscheinlichkeit. Die Kolmogorov-Formulierung lautet wie folgt (Kolmogorov, 1956):

Kolmogorovs Wahrscheinlichkeitsaxiom

$$P(A|B) = (P(A \cap B)) / (P(B))$$

Heutige Erkenntnis- und Entscheidungsmodelle werden fast ausschließlich aus den Kolmogorov-Axiomen abgeleitet (Kolmogorov, 1933/1950). Die Quantenwahrscheinlichkeit basiert auf grundlegend anderen mathematischen Axiomen und hat das Potenzial, eine brauchbare Alternative zum dominierenden Kolmogorovschen Paradigma zu bieten.

Referenzen

- Bacciagaluppi, G. (2009). Is Logic Empirical? In *Handbook of Quantum Logic and Quantum Structures* (pp. 49–78). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52869-8.50006-2>
- Birkhoff, G., & Neumann, J. Von. (1936). The Logic of Quantum Mechanics. *The Annals of Mathematics*, 37(4), 823. <https://doi.org/10.2307/1968621>
- Cartwright, N. (2005). Another philosopher looks at quantum mechanics, or what quantum theory is not. In *Hilary Putnam* (pp. 188–202). <https://doi.org/10.1017/CBO9780511614187.007>
- Gardner, M. (1971). Is quantum logic really logic? *Philosophy of Science*, 38(4), 508–529. <http://www.jstor.org/stable/186692>
- Hampton, J. A. (2013). Quantum probability and conceptual combination in conjunctions. In *Behavioral and Brain Sciences* (Vol. 36, Issue 3, pp. 290–291). <https://doi.org/10.1017/S0140525X12002981>
- Kolmogorov, A. N. (1956). Foundations theory of probability. *Chelsea*, 84.
- Maudlin, T. (2005). The tale of quantum logic. In *Hilary Putnam* (pp. 156–187).

<https://doi.org/10.1017/CBO9780511614187.006>

Moreira, C., & Wichert, A. (2016). Quantum Probabilistic Models Revisited: The Case of Disjunction Effects in Cognition. *Frontiers in Physics*, 4(June). <https://doi.org/10.3389/fphy.2016.00026>

Popper, K. R. (1968). Birkhoff and von Neumann's interpretation of quantum mechanics. *Nature*, 219(5155), 682–685. <https://doi.org/10.1038/219682a0>

Sozzo, S. (2015). Conjunction and negation of natural concepts: A quantum-theoretic modeling. *Journal of Mathematical Psychology*. <https://doi.org/10.1016/j.jmp.2015.01.005>

Tversky, A., & Kahneman, D. (1983). Extensional versus intuitive reasoning: The conjunction fallacy in probability judgment. *Psychological Review*, 90(4), 293–315. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.90.4.293>

Dr. Christopher B. Germann
<http://quantum-logik.de>