

So, 19.7.2015, 9:00-10:00

Prof. Dr. Manfred Stöckler, Institut für Philosophie, Universität Bremen

Zur Interpretation der Quantentheorie: EPR, Schrödingers Katze, Bellsche Ungleichung

2015 ist nicht nur ein Jubiläumsjahr der Allgemeinen Relativitätstheorie, auch zentrale Arbeiten zur Interpretation der Quantentheorie haben Geburtstag: 1935 erscheint in *Physical Review* 47 der berühmte Aufsatz "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete" von A. Einstein, B. Podolsky und N. Rosen. Zu dieser Arbeit nimmt neben Bohr auch Erwin Schrödinger Stellung (*Proc. of the Cambridge Philosophical Society* 31 (1935)). Anders als Bohr hat er weniger die erkenntnistheoretischen Aspekte im Blick, sondern konzentriert sich auf die formalen Aspekte der Wellenfunktion zusammengesetzter Systeme. Schrödinger spricht zum ersten Mal von einem Paradoxon und von "verschränkten Systemen". In einer weiteren Arbeit aus dem gleichen Jahr (*Die Naturwissenschaften* 23 (1935)) benutzt Schrödinger verschränkte Zustände, um zu zeigen, dass Superpositionen eines mikroskopischen Objekts durchaus makroskopische Folgen haben können (am Beispiel von Schrödingers Katze).

Aus heutiger Sicht würde man tatsächlich die Bedeutung der Arbeit von Einstein, Podolsky und Rosen weniger im Umkreis der Vollständigkeit der Quantentheorie und des Realismus sehen als darin, dass die von Einstein und Mitarbeitern verwendete Wellenfunktion für ein zusammengesetztes System ein Beispiel für die Nicht-Lokalität der Quantentheorie ist. Diese Linie wird von John Stewart Bell in einem Aufsatz "On the Einstein-Podolsky-Rosen Paradoxon" weiter verfolgt (*Physics* 1 (1964)). Der darin enthaltene Beweis besagt vereinfacht, dass keine Theorie mit verborgenen Parametern, wenn sie die Vorhersagen der Quantentheorie wiedergibt, lokal in dem Sinne sein kann, dass die Messergebnisse an einem System nicht beeinflusst werden von Messverfahren an einem anderen getrennten System.

Verfeinerungen des Beweises haben dann gezeigt, die Nicht-Lokalität ein grundlegender Zug der Quantentheorie ist und sich damit ein Konflikt zwischen Quantentheorie und spezieller Relativitätstheorie abzeichnet. Das Bellsche Theorem und die folgenden Verfeinerungen sind durch ihre Allgemeinheit ausgezeichnet: Zu seiner Ableitung reichen Aussagen über die Korrelationen von Messungen, sie ist nicht von mathematischen Details der Theorie abhängig.

In meinem Beitrag möchte ich die Idee der Nichtlokalität der Quantentheorie von 1935 bis in die Gegenwart verfolgen und zeigen, dass erst daran die Schwierigkeit der Interpretation der Quantentheorie in vollem Umfang sichtbar werden. Ich werde auch kurz auf den gegenwärtigen Stand der Verfeinerungen des Bellschen Beweises eingehen und zeigen, welche Varianten der Quantentheorie dadurch ausgeschlossen sind. Zum Abschluss werde ich einige der (mehr oder weniger verzweifelten) Lösungsversuche des von Einstein, Podolsky und Rosen vorgestellten Paradoxons vorstellen, insbesondere auch darauf, welche Probleme es macht, die EPR-Korrelationen in einem relativistischen Rahmen zu verstehen. Tatsächlich meine ich, dass das Problem nach wie vor ungelöst ist.

Im Hinblick auf den Schulunterricht haben EPR, Schrödingers Katze und die Bellschen Beweise den Vorteil, dass Grundlagenfragen der Quantentheorie mit wenig formalem Aufwand anschaulich gemacht und diskutiert werden können.