

Alle Rechte beim Urheber.

Abdruck nur gegen Belegexemplar, Honorar plus 8% MwSt.

Warum die Welt sich klassisch verhält

Die spinnen, die Quanten! Dieser Gedanke mag auch schon manchem Forscher in der Physik durch den Kopf gegangen sein, wenn neue Effekte im subatomaren Bereich entdeckt wurden. Verhält sich doch in diesen Größenverhältnissen nichts mehr so, wie wir es aus unserer anschaulichen Erfahrung kennen. Elektronen verlassen Energiesenken, ohne dass sie die dazu nötige Energie besäßen, oder verschränkte Systeme weisen eine Synchronizität ihrer Teilchen auf, die sich einer kausalen Beschreibung von Wechselwirkungen entzieht. Das hat sehr wesentlich damit zu tun, dass quantenmechanisch die Materie als Welle beschrieben wird. Das Quadrat der Wellenfunktion wird als Aufenthaltswahrscheinlichkeit interpretiert, so dass quantenmechanische Phänomene als Ergebnis des Zu- oder Abstroms von Wahrscheinlichkeit erfasst werden. Weshalb aber lassen sich derartige Welleneigenschaften nicht auch an Gegenständen feststellen, mit denen wir es täglich zu tun haben? Dieser Frage ging Prof. Dr. Fritz Haake in seinem Vortrag „Dekohärenz in makroskopisch offenen Quantensystemen“ an der Fachhochschule Aalen nach.

In unserem Alltag verhalten sich die Dinge kohärent: Eine bestimmte Person beispielsweise befindet sich am Arbeitsplatz, beim Einkaufen oder einem sonstigen Ort, an der man sie ohne weiteres auffinden kann. Von einem bestimmten Elektron kann man das nicht behaupten: es ist gewissermaßen gleichzeitig an verschiedenen Orten. Sein Aufenthalt ist überlagert von mehreren Zuständen: hier und dort. Für dieses paradoxe Phänomen hat der österreichische Physiker Erwin Schrödinger die Metapher einer Katze verwendet, in der sich die Zustände des Totseins und des Lebendigseins überlagern: Weil quantenmechanisch beide Zustände eine definierte Wahrscheinlichkeitsamplitude besitzen, ist Schrödingers Katze zu einem bestimmten Zeitpunkt sowohl tot als auch lebendig. Das hört sich so versponnen an, dass einige Mühe nötig ist, die subatomaren Phänomene in Einklang mit unserer Erfahrungswelt zu bringen.

Standardgemäß wird hierfür auf den Einfluss der Umwelt verwiesen. Das ist nicht falsch, aber unbefriedigend.

Quantenmechanisch könnte sich auch ein Objekt wie eine Person (oder eine Katze) an zwei unterschiedlichen Orten befinden. Ein solcher Zustand, an zwei Orten gleichzeitig zu sein, wird als Superposition beschrieben. Tritt nun dieses Objekt mit einem anderen Objekt, etwa mit einem Photon, in Wechselwirkung, verändert sich der Zustand des betrachteten Gesamtsystems. Der Übergang vom ursprünglichen Zustand zum neuen Zustand muss mit dem Hamiltonoperator angegeben werden und zwar mit einem für das System, einem für die Umwelt und einem für die Interferenz, um das zeitliche Schicksal der Kohärenzterme verfolgen zu können. Das Ergebnis der Wechselwirkung ist dann aber nicht mehr das Produkt zweier Teilzustände und insofern auch nicht mehr makroskopisch als Superposition wahrnehmbar. Betrachtet man nämlich die Teilsysteme vor und nach der Wechselwirkung, greift man in der Quantenmechanik auf Dichtematrizen zurück. Die Dichtematrix eines Teilsystems erhält man, indem man aus der Gesamtmatrix eine partielle Spur über das andere, nicht beobachtete Teilsystem bildet. Der berechnete Zustandsterm ist dann nicht mehr eindeutig. Zum einen beeinflusst das Photon die Person nicht, zum anderen macht es aber die Wahrnehmung einer Superposition an der Person unmöglich. Es trägt gewissermaßen Information vom Teilsystem Person.

Die Operation mit komplexen Vielteilchen-Schrödinger-Gleichungen ist Prof. Dr. Haake nicht elegant genug. In seinen Überlegungen lässt er das Zeitintervall für die Interferenz zwischen den Teilsystemen gegen Null gehen. Daraus ergibt sich für den Zeitpunkt, an dem die Superposition des Teilsystems einer Person verloren geht, d.h. es dekohärent wird, eine Proportionalität zum Verhältnis der Wellenlänge und dem Abstand zwischen den überlagerten Aufenthaltsorten der Person. Für das Teilsystem fußballförmiger Moleküle, sogenannter Fullerene hat ein weiterer österreichischer Physiker, Anton Zeilinger, ein Verhältnis von 0,0001 nachgewiesen. Bedenkt man, dass die Wellenlänge (im Zähler) bereits im Nanometerbereich liegt, muss der Abstand zwischen den Orten (im Nenner) noch kleiner sein, um als Superposition wahrgenommen werden zu können. Entweder also wird der alternative Aufenthaltsort so nahe am anderen liegen, dass sie nicht unterschieden werden können, oder das Zeitintervall für die Überlagerung ist so kurz, dass sie für das makroskopische Objekt unerheblich sind. Unerheblich deshalb, weil die Zeit für einen makroskopischen Ablauf - und sei es nur ein kurzer Nervenimpuls im Gehirn der Person - kürzer sein müsste als die Dekohärenzzeit. In derart kurzen Zeiteinheiten können jedoch Personen und andere makroskopische Objekte unseres Alltags nicht betrachtet werden. „Deshalb also verhält sich die Welt klassisch“, resümierte Prof. Dr. Haake seinen Vortrag.