

Das Doppelspaltexperiment mit Einzelphotonen

Die Physiker Philippe Grangier, Gérard Roger und Alain Aspect führten im Jahr 1986 erstmals Experimente mit Einzelphotonen durch.

Grangier, Roger und Aspect nutzen für ihre Versuche keinen Doppelspalt, sondern ein Mach-Zehnder-Interferometer. Statt auf einen Doppelspalt trifft das Licht auf einen halbdurchlässigen Spiegel (Strahlteiler). Dies ist eine Glasplatte, die im Winkel zur Ausbreitungsrichtung des Lichts steht. Fällt Licht schräg auf die Glasplatte, so wird ein Teil des Lichts reflektiert, ein anderer Teil tritt durch die Glasplatte hindurch. Mit technischen Maßnahmen kann man erreichen, dass 50% des Lichts reflektiert und 50% durchgelassen werden. Die beiden Lichtstrahlen werden später über Spiegel wieder zusammengeführt und das wieder vereinte Licht beobachtet. Da die Ergebnisse physikalisch gleichwertig sind, werden hier die entsprechenden Versuche mit einem Doppelspalt beschrieben.

Aufbau und Durchführung

Durch eine Koinzidenzschaltung wird sichergestellt, dass sich immer nur ein einzelnes Photon im Versuchsaufbau befindet. Dieses einzelne Photon kann dann durch einen Doppelspalt geschickt werden. Hinter jedem Spalt befindet sich je ein Detektor D_1 und D_2 .

Beobachtung

Wird der Versuch sehr häufig mit vielen Photonen wiederholt, werden circa 50% der Photonen am Detektor D_1 und 50% der Photonen am Detektor D_2 nachgewiesen. Eine Koinzidenz der Detektoren D_1 und D_2 kommt so gut wie nie vor. Es spricht also entweder der eine oder der andere Detektor an, praktisch nie beide Detektoren gleichzeitig. Setzt man einen Schirm ein, oder einen flächigen Detektor, so kann man einzelne Einschläge von Photonen feststellen. Es entsteht eine Verteilung wie bei einem klassischen Doppelspaltversuch.

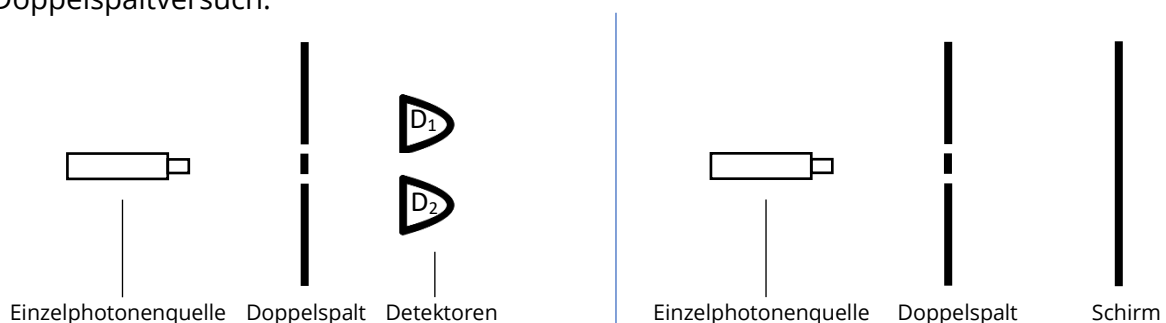


Abb.: Aufbauten Doppelspaltexperiment mit Einzelphotonen

(Leifi Physik, Quantenobjekt Photon, Versuche von Grangier, Roger und Aspect, letzter Zugriff am 16.08.2024
<https://www.leifiphysik.de/quantenphysik/quantenobjekt-photon/versuche/versuche-von-grangier-roger-und-aspect>)

Die Abbildungen sind eigene Darstellungen.

Das Doppelspaltexperiment mit Licht geringer Intensität

Wer/Wann:

Idee:

Versuchsaufbau:

Ergebnis:

Licht geringer Intensität = Einzelphotonen?

Heute weiß man, dass durch einfaches Abschwächen der Lichtintensität mit den meisten Lichtquellen kein Strahl aus aufeinanderfolgenden einzelnen Photonen erzeugt werden kann. Vielmehr entstehen in solchen Quellen 'Klumpen' aus zwei oder mehr Photonen, die gleichzeitig ausgesandt werden. Diesen Effekt bezeichnet man als **Bunching**. Auch ist mittlerweile bekannt, dass ein einzelnes Photon nicht ausreicht, um ein Korn des Films zu schwärzen. Das Taylor-Experiment war also kein reines "Ein-Photonen-Experiment". Streng genommen konnte Taylor also damals noch nicht ausschließen, dass es die Wechselwirkung mehrerer Photonen untereinander ist, die die Interferenz hervorruft

Mit modernen Mitteln kann man jedoch im Labor „echte“ Einzelphotonenquellen bauen. Mit solchen Quellen lässt sich heute das Experiment wiederholen und nachweisen, dass Taylors Vermutung damals richtig war.

(Leifi Physik, Quantenobjekt Photon, Versuche von Grangier, Roger und Aspect, letzter Zugriff am 16.08.2024
<https://www.leifiphysik.de/quantenphysik/quantenobjekt-photon/versuche/versuche-von-grangier-roger-und-aspect>)