

Quantenradierer und Quantencomputer im Masterpraktikum Physik an der MLU Halle

Jakob Reips, Malte Kautzsch, Franz-Josef Schmitt

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Im Masterpraktikum Physik an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg wurde ein bestehender Einzelphotonen-Aufbau schrittweise zu einer Plattform ausgebaut, auf der sowohl ein Quantenradierer als auch ein optischer Quantencomputer mit zwei Qubits realisiert werden können. Ausgangspunkt ist ein Mach-Zehnder- bzw. Michelson-Interferometer im Einzelphotonenregime, in dem zunächst klassische Welleninterferenz und der schrittweise Übergang zu Einzelphotoneninterferenz erarbeitet werden. Durch gezielte Erweiterungen – vor allem Polarisationsoptik (Strahlteiler und elektrisch schaltbare $\lambda/2$ -Platten) – wird ein Quantenradierer implementiert, bei dem Welcher-Weg-Information zunächst über die Polarisation „markiert“ und das Interferenzmuster so zerstört, und anschließend durch geeignete Wahl der Messbasis wieder erzeugt wird (also die Welcher-Weg-Information wird wieder „gelöscht“). Auf dieser Grundlage werden die Freiheitsgrade Weg/Zeit und Polarisation eines einzelnen Photons als zwei Qubits interpretiert und zu einem kompakten optischen Quantencomputer verschaltet, mit dem u.a. der Deutsch–Jozsa-Algorithmus im Zwei-Qubit-Fall demonstriert werden kann. Studierende lernen dabei, wie sich Ein-Qubit-Gatter durch Wellenplatten und Interferometer, sowie effektive Zwei-Qubit-Operationen durch wegabhängige Polarisationsoperationen realisieren lassen und wie Interferenz am Ausgang die globale Struktur einer Blackbox-Funktion mittels der Messung eines einzelnen Photons sichtbar macht.