

Projekt

Photonische Quantenschaltkreise für quantenbasiertes maschinelles Lernen (PQuMAL)

Koordinator:	Prof. Dr. Michael Kues Leibniz Universität Hannover Hannoversches Zentrum für Optische Technologien (HOT) Nienburger Str. 17 30167 Hannover Tel.: +49 511 762-17903 E-Mail: michael.kues@hot.uni-hannover.de
Projektvolumen:	ca. 3,3 Mio. € (Förderquote 100%)
Projektlaufzeit:	01.01.2019 – 31.12.2023
Projektpartner:	➔ Leibniz Universität Hannover, Hannoversches Zentrum für Optische Technologien (HOT)

Quantum Futur – Innovative Nachwuchswissenschaftler für Zukunftsthemen

Quantentechnologien sind Technologien, die auf der gezielten Ausnutzung von Quanteneffekten beruhen. Beispiele hierfür sind die Halbleitertechnologien, die Magnetresonanztomografie oder der Laser. Bei aktuellen Entwicklungen – der zweiten Generation der Quantentechnologien – steht der kontrollierte Quantenzustand einzelner oder gekoppelter Systeme selbst im Vordergrund. Dadurch ergeben sich Möglichkeiten für neue Anwendungen in der Informationsübertragung und -verarbeitung, höchstpräzise und -sensible Mess- und Abbildungsverfahren oder auch die Überwindung heutiger Beschränkungen bei der Simulation komplexer Systeme.

Herausfordernde Forschungsthemen wie die Quantentechnologien erfordern kluge Köpfe. Die Maßnahme „Quantum Futur“ soll exzellente Nachwuchswissenschaftler dabei unterstützen, mit Forschungsprojekten den Übergang von Erkenntnissen der Grundlagenforschung in neuartige Anwendungen voranzutreiben. Dabei erhalten sie die Möglichkeit, eine eigene, unabhängige Nachwuchsgruppe aufzubauen und neue interdisziplinäre Forschungsansätze aufzugreifen. Thematisch werden wesentliche Bereiche der Quantentechnologien zweiter Generation adressiert, insbesondere sind dies die Quantenkommunikation, die Quantensensorik und -metrologie sowie das Quantencomputing.

Neben der Durchführung innovativer Forschungsarbeiten ermöglicht die Maßnahme die Bildung von wissenschaftlichen Schwerpunkten und Zentren in der Quantentechnologie sowie eine thematische und personelle Ergänzung der bestehenden Forschungslandschaft. Deshalb unterstützt „Quantum Futur“ auch den Aufbau von Kompetenzen und die Vernetzung der Nachwuchswissenschaftler sowie die Schaffung von Synergien durch die gemeinsame Nutzung vorhandener Geräte und Anlagen.



Bild 1: Innovative Nachwuchswissenschaftler treiben die Quantentechnologien voran. (Quelle: © vit_head/Fotolia)

Neue Konzepte für lernfähige Maschinen

Die Entwicklung kognitiver Technologien, d. h. von Maschinen, die z. B. das Lernen und das Lösen von Problemen beherrschen, hat bestehende Computertechnik an ihre Grenzen gebracht. Mit dem Einsatz modernster maschineller Lernkonzepte konzentrieren sich heutzutage Forschung und Industrie auf die Automatisierung von Prozessen und neue intelligente Dienste z. B. für Spracherkennung, medizinische Diagnosen oder autonome Fahrzeuge. Inspiriert von der Art und Weise wie das Gehirn Informationen verarbeitet, werden neuartige Ansätze, wie beispielsweise neuronale Netze, für die Analyse großer Datensätze verwendet. Diese Ansätze erfordern jedoch auf klassischen Computern sehr lange Berechnungszeiten, was letztendlich den breiten Einsatz dieser Konzepte in neuen Anwendungen, z. B. auf der Sensorebene in Robotern, verhindert.

Die Entwicklung von Quantencomputern soll gegenüber klassischen Maschinen eine erheblich schnellere Verarbeitung von sehr großen Datenmengen ermöglichen. Die Kombination aus maschinellem Lernen und Quantenmechanik sollte daher durch die Ausnutzung quantenmechanischer Effekte wie Quantensuperposition und Verschränkung die erforderlichen Berechnungen maschineller Lernverfahren beschleunigen können.

Effektives Quantencomputing mit photonischen integrierten/faser-basierten Systemen

Im Laufe der letzten Jahre ist das Feld der integrierten/faser-basierten Quantenoptik schnell fortgeschritten. So wurden integrierte Lichtquellen für verschränkte Photonen, effiziente „On-Chip“-Einzelphotonendetektoren, sowie Quantenschaltkreise demonstriert. Trotz der technologischen Vorteile und der prinzipiellen Möglichkeit einer Systementwicklung wurden diese optischen Quantensysteme jedoch noch nicht für die Realisierung von Quantenrechnern für maschinelle Lernverfahren ausgenutzt.

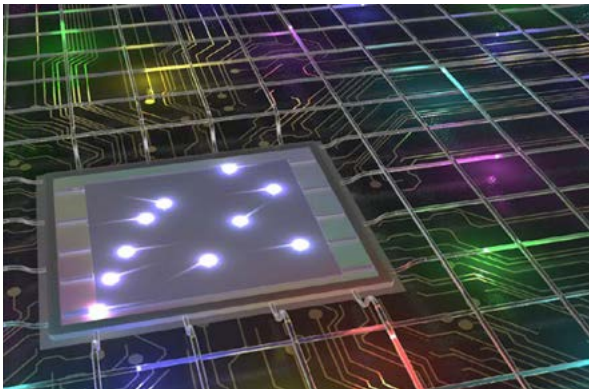


Bild 2: Gestalterische Repräsentation eines photonischen Quantennetzwerks (Quelle: M. Kues, Universität Münster)

Ziel dieses Vorhabens ist es daher die anwendungsnahe Erforschung einer photonischen Quantenplattform, die spezifisch auf die Nutzung des quantenmaschinellen Lernens zugeschnitten ist. Mittels neuartiger Zustandskonzepte sollen integrierte/faser-basierte Quantenelemente entwickelt werden, die hohe Informationskapazitäten ermöglichen, sowie Kontrollelemente, die eine Manipulation der speziellen Zustände zulassen.

Das Vorhaben wird hierzu die Fortschritte der hochentwickelten Telekommunikationstechnologie und der Chipherstellungsindustrie nutzen mit dem Ziel, kosten- und energieeffiziente quantenoptische Prozessoren zu realisieren, die kompakt, auf der Sensorebene einsetzbar, sowie zur Massenproduktion geeignet sind.