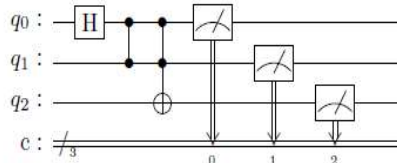
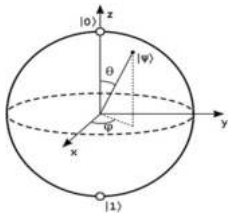


# Quantum Enhanced Artificial Intelligence

**Prof. Dr. Gerhard Hellstern, Zentrum für Digitale Innovationen, DHBW Ravensburg**

## Projektbeschreibung (inkl. Zielsetzung und methodisches Vorgehen)

Durch die Möglichkeit Quanten-Computer von IBM, Google etc. über Cloud-Anbindungen zu nutzen, ergibt sich die Chance, das Potenzial dieses neuartigen Computing-Paradigmas auf unterschiedliche praxisrelevante Use-Cases zu erkunden. Unter den Anwendungen, bei denen Quanten-Computing gegenüber „klassischem Computing“ einen Vorteil verspricht gehören u.a. Optimierungsprobleme sowie das Maschinelle Lernen.



Grundlagen des QC: Ein Qubit auf der „Blochkugel“ sowie das Schaltkreismodell.

Im Rahmen des Projekts werden in Zusammenarbeit mit mehreren Forschungspartnern (u.a. Universitäten Tübingen, Stuttgart und Konstanz, Fraunhofer Institut für Angewandte Festkörperforschung) sowie assoziierten Industriepartnern (u.a. W&W AG, Bausparkasse Schwäbisch Hall) unterschiedliche anwendungsnahe Fragestellungen untersucht:

1. Bei welchen auf Optimierung basierten Use-Cases (speziell aus dem Bereich Finance) können auf der Quantenlogik basierende Algorithmen einen Lösungsvorteil bieten?
2. Lassen sich die Vorteile von Quantenalgorithmen durch das Zusammenspiel mit Methoden des klassischen maschinellen Lernens noch besser nutzen?
3. Lassen sich die Ansätze des auf Quanten-Computing basierenden maschinellen Lernens auch auf andere Fragestellungen (z.B. in der Medizin) anwenden?

Im Projekt wird untersucht, wie sich die Anwendungsfälle in eine für das Quanten Computing lösbare Form transformieren lassen, welche Quanten-Algorithmen sich für die Lösung der Probleme anbieten und wie fehlerresilient diese Algorithmen sind. Letzteres spielt bei den derzeit verfügbaren sog. NISQ\*-Rechnern eine besonders wichtige Rolle.

Für die konkreten Berechnungen werden Open-Source Frameworks wie Qiskit oder TensorflowQuantum [2], sowie frei verfügbare Rechenzeit für kleinere Quanten-Systeme von IBM verwendet. Des Weiteren besteht über das vom Land Baden-Württemberg geförderte Projekt QORA (vgl. [1]) die Möglichkeit, sowohl auf dem IBM-Quantencomputer in Ehningen mit derzeit 27 Qubits als auch auf den Systemen in den USA mit bis zu 127 Qubits umfangreichere Berechnungen durchzuführen.

\* NISQ = Noisy Intermediate Scaled Quantumcomputer



## Ergebnisse

In den vergangenen zwei Jahren konnten bereits eine Reihe von erfolgsversprechenden Ergebnissen erreicht werden:

Im Rahmen des QORA-Projekts wurde eine umfangreiche Benchmarkstudie erstellt, welche die Fehlerresilienz unterschiedlicher Quantenalgorithmen im Detail untersucht, vgl. [1].

In [2] wurde ein hybrides Neuronales Netz vorgestellt, das durch einen Quantenanteil einen Performance-Gewinn gegenüber einem rein klassischen Netzwerk liefert.

In [3] und [4] werden weitere Möglichkeiten für die Anwendung von Quanten Computing im Bereich maschinelles Lernen gezeigt.

## Ausblick

Die erfolgreiche Kooperation der DHBW mit dem Partnernetzwerk aus Universitäten und Fraunhofer-Gesellschaft wird weiter ausgebaut und zusätzliche assoziierter Partner v.a. aus dem Finanzbereich werden integriert.

## Kooperative Partner



## Quellen

- » [1] Benchmarking the performance of portfolio optimization with QAOA; S. Brandhofer, D. Braun, V. Dehn, G. Hellstern, M. Hüls, Y. Ji, I. Polian, A. S. Bhatia, T. Wellens, <https://arxiv.org/abs/2207.10555>
- » [2] Analysis of a hybrid quantum network for classification tasks; G. Hellstern, IET Quantum Communications, Volume2, Issue4, Dec. 2021, Pages 153-159
- » [3] Early heart disease prediction using hybrid quantum classification; H. Heidari, G. Hellstern, <https://arxiv.org/abs/2208.08882>
- » [4] Feature Selection in Machine Learning - Extended Solution with a gate based Quantum Computer; G. Hellstern, M. Zaefferer, in Vorbereitung

## Kontakt

Duale Hochschule Baden-Württemberg

Marktstrasse 28, 88214 Ravensburg  
Telefon +49(0)751 / 18999-2732  
Mobil +49(0)173 / 6610464  
Email [hellstern@dhw-ravensburg.de](mailto:hellstern@dhw-ravensburg.de)