

# Bachelorarbeit: Stochastic Gradient Line Bayesian Optimierung (SGLBO) für Quantencomputing

Betreuer: David Kreplin, Fraunhofer IPA  
david.kreplin@ipa.fraunhofer.de

## Themenbeschreibung

Quantencomputer sind eine der faszinierendsten Technologien der heutigen Zeit, aber ihre aktuelle Hardware ist immer noch fehleranfällig und heutzutage können nur begrenzt komplexe Probleme mit ihnen gelöst werden. Die aktuellen Algorithmen für Quantencomputer basieren auf sogenannten variationellen Ansätzen. Dabei werden Quantengates, die programmierbaren Bausteine des Quantencomputers, mit Variablen parametrisiert und mithilfe von klassischen Computern numerisch optimiert. Häufig kommen hierfür gradientenbasierte Methoden zum Einsatz. Allerdings stellt das Rauschen aufgrund der probabilistischen Natur der Quantenphysik sowie das signifikante Messrauschen der aktuellen fehleranfälligen Hardware eine besondere Herausforderung für die Optimierung dar. Optimierungsverfahren für Quantenalgorithmen müssen daher in der Lage sein, mit dem Rauschen umzugehen.

Hierbei kann auf Optimierungsverfahren aus dem maschinellen Lernen zurückgegriffen werden. Ein sehr vielversprechender Optimierungsansatz ist die *Stochastic Gradient Line Bayesian Optimierung* (SGLBO). Bei dieser Methode wird ein Machine Learning Verfahren (Bayesian Optimization) für die Schrittweitensteuerung der Optimierung benutzt. In einer aktuellen Publikation<sup>1</sup> wurde gezeigt, wie damit ein Vorteil für Quantenalgorithmen gegenüber anderen Optimierungsverfahren erreicht werden kann. In dieser Bachelorarbeit soll untersucht werden, wie gut die Optimierung von Quantenneuronalen Netzwerken mit der SGLBO Methode funktioniert. Quantenneuronale Netzwerke funktionieren ähnlich wie künstliche Neuronale Netzwerke, jedoch werden sie auf einem Quantencomputer betrieben. Zu Beginn der Arbeit soll die SGLBO Methode in Python implementiert und getestet werden. Anschließend erfolgt ein Vergleich mit anderen vorimplementierten Optimierungsmethoden unter verschiedenen Einflüssen von Rauschen. Zum Abschluss der Arbeit soll untersucht werden, wie gut die Optimierung auf der echten Quantencomputing Hardware von IBM funktioniert. Die Arbeit bietet eine spannende Möglichkeit, sich mit den aktuellen Herausforderungen im Bereich der Quantencomputing-Optimierung auseinanderzusetzen und dabei einen wichtigen Beitrag zu leisten. Vorkenntnisse in numerischer Optimierung sowie ein allgemeines Interesse an den Themen Quantencomputing und Machine Learning sind von großem Vorteil.

## Forschungsfragen

- Wie gut funktioniert die SGLBO Optimierung für Quanten Neuronale Netzwerke?
- Wie wirkt sich das Rauschen auf die Optimierung aus?
- Eignet sich die SGLBO Optimierung für heutige Quantencomputer?
- Welche Verbesserungspotentiale gibt es?

## Voraussetzungen

- Studiengänge: Mathematik, Physik, Informatik, oder ähnliche Fachrichtung
- Rudimentäre Programmierkenntnisse in Python
- Vorwissen in numerischer Optimierung

---

<sup>1</sup> Tamiya, Shiro, and Hayata Yamasaki. "Stochastic gradient line Bayesian optimization for efficient noise-robust optimization of parameterized quantum circuits." *npj Quantum Information* 8.1 (2022): 90.