



## QUANTENCOMPUTING IN DER PHOTONIK

### Aufgabenstellung

Im Themenfeld der Photonik tritt eine Vielzahl an verschiedenen Optimierungsproblemen mit einer großen Zahl an Freiheitsgraden auf. Derartige Problemstellungen werden gemäß dem aktuellen Stand der Technik mittels klassischer, CPU- und GPU-basierter Optimierungsverfahren häufig nur approximativ gelöst. Dadurch wird das Potenzial der zugrundeliegenden photonischen Technologien nicht vollständig ausgeschöpft. Diese Problematik könnte zukünftig durch die fortlaufende Entwicklung von Quantencomputern und -annealern gelöst werden. Vor allem für diskrete, kombinatorische Optimierungsprobleme verspricht die Verwendung von Quantencomputern und -annealern Vorteile sowohl für die benötigte Laufzeit als auch für die Qualität der erhaltenen Lösung. Um Problemstellungen der Photonik auf Quantencomputern lösen zu können, müssen diese in eine spezielle mathematische Formulierung (Quadratic Unconstrained Binary Optimization, QUBO) überführt werden.

### Vorgehensweise

Diese Überführung sowie die Validierung der daraus resultierenden Vorteile werden mithilfe von Quantencomputern des aktuellen Stands der Technik erarbeitet. Darüber hinaus wird die mögliche Skalierbarkeit auf künftige Generationen von Quantencomputern analysiert. Im Rahmen von Vorunter-

suchungen werden dazu verschiedene Use-Cases aus der Photonik identifiziert, die sich durch ihre Problemstruktur besonders für die Nutzung von Quantencomputern und -annealern eignen. Diese Use-Cases werden in Form eines QUBO-Problems ausgedrückt, auf einem D-Wave Advantage-Quantenannealer gelöst und anschließend die Güte der Optimierung für verschiedene Problemgrößen untersucht.

### Ergebnis

Die korrekten QUBO-Formulierungen wurden für die zwei Use-Cases »Kombinatorische Auswahl von Kataloglinsen für das automatisierte Optikdesign« sowie »Auslegung von Freiformoptiken« anhand von Musterproblemen verifiziert. Dabei konnten die Limitierungen der Quantenannealer aktueller Generation identifiziert und daraus resultierende Anforderungen an geeignete Problemstellungen formuliert werden (u. a. eine Vermeidung von dichtbesetzten QUBO-Matrizen).

### Anwendungsfelder

Die vorgestellten Untersuchungen ermöglichen die systematische Beurteilung der Vorteile der Verwendung von Quantencomputern in Optimierungsproblemen der Photonik, wie beispielsweise im Optikdesign und in der industriellen laserbasierten Fertigung (z. B. im LPBF).

### Ansprechpartner

Thomas Bussek M. Sc., DW: -8196  
thomas.bussek@tos.rwth-aachen.de

Dr. Annika Völl, DW: -8369  
annika.voell@tos.rwth-aachen.de