

## SPDSIM

Simulation software for spontaneous parametric down conversion under realistic conditions.

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Quantum Austria 1. Ausschreibung (2022)	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.01.2023	<b>Projektende</b>	31.12.2025
<b>Zeitraum</b>	2023 - 2025	<b>Projektlaufzeit</b>	36 Monate
<b>Projektförderung</b>	€ 496.342		
<b>Keywords</b>	simulation modelling; quantum; entanglement; spontaneous parametric down conversion;		

### Projektbeschreibung

Computersimulation ist ein wesentlicher Bestandteil praktisch jedes modernen Optik-Engineering-Workflows. Dies erhöht die Effizienz und senkt die Kosten des Prozesses, da weniger Experimente erforderlich sind, um technische Probleme zu lösen. Während der Ansatz des Computer Assisted Design das Ingenieurwesen im Allgemeinen, und speziell in klassischer Optik revolutioniert hat, muss in dem relativ neuen, aber schnell wachsende Gebiet der Quantenoptik eine solche Revolution noch durchlaufen werden. Aktuelle Software unterstützt die Simulation quantenoptischer Bauelemente unter realistischen Bedingungen nicht. Insbesondere berücksichtigt es nicht den am weitesten verbreiteten Prozess zur Erzeugung verschränkter Photonen: Spontane parametrische Fluoreszenz (SPDC).

Daher werden bei der heutigen Herstellung von quantenoptischen Bauelementen problemspezifische Berechnungen verwendet, die meist auf grob idealisierten theoretischen Näherungen mit sehr begrenzter Anwendbarkeit in realistischen Szenarien basieren. Infolgedessen muss bei der Entwicklung von Quantenphotoniksystemen sowohl in der Industrie als auch in der wissenschaftlichen Forschung für Designentscheidungen zum überwiegenden Teil Tests und Experimente im Labor eingesetzt werden. Ein solcher Ansatz ist weder zeit- noch kosteneffizient und daher eindeutig nicht geeignet, um effiziente Engineering-Prozesse in einer wachsenden Branche zu etablieren. Die Situation stellt uns vor eine klare Nachfrage nach einer leistungsfähigen Simulationssoftware, die es ermöglicht, Designoptionen im Quanten-Engineering-Prozess genau zu simulieren.

Auf der anderen Seite werden die Prozesse der Erzeugung von Quantenlicht seit Jahrzehnten untersucht und die theoretischen Grundlagen sind in der wissenschaftlichen Literatur etabliert. Um diese auf ein spezifisches technisches Problem anzuwenden, ist jedoch erhebliches Fachwissen und Forschungsaufwand erforderlich, um die relevanten Informationen zusammenzustellen.

Unser Ziel ist es, Optikingenieure in die Lage zu versetzen, dieses Wissen effektiv zu nutzen und das theoretische Verständnis über Quantenphotonik in praktische Anwendungen einzubringen. Zu diesem Zweck planen wir die Entwicklung einer umfassenden Softwareplattform, welche den Prozess der Photonenpaarerzeugung durch SPDC unter Berücksichtigung realistischer Bedingungen wie Unvollkommenheiten optischer Komponenten und Fertigungstoleranzen simuliert. Die Software lässt sich leicht mit bestehenden (nicht-quanten) optischen Simulationssoftwareplattformen verbinden. Es wird

sowohl der wissenschaftlichen Forschungsgemeinschaft als auch Ingenieuren auf dem schnell wachsenden Gebiet der quantenoptischen Anwendungen zugute kommen und damit die Quantenrevolution beschleunigen.

## **Abstract**

Computer simulation is an essential part of virtually any modern optics engineering workflow. Various simulation software platforms are currently in use throughout industry and research institutions that allow to model realistic engineering scenarios, deal with imperfect optical components, and predict consequences of design decisions. This in turn increases efficiency and reduces cost of the process, as fewer experimentation is needed to solve engineering problems. The approach of computer assisted design has thus far revolutionized a wide range of engineering disciplines, including in particular classical optics engineering. However, the relatively new but fast-growing field of quantum optics engineering has yet to undergo such a revolution. Current software does not support the simulation of quantum optical devices under realistic conditions. Most importantly, it does not account for the most widely used process to generate quantum entangled photons: spontaneous parametric down conversion (SPDC).

Therefore, in today's manufacturing of quantum devices, very narrow problem specific computations are used, mostly based on grossly idealized theoretical approximations with very limited applicability in realistic scenarios. As a consequence, quantum photonics engineering in industry, as well as in scientific research currently relies heavily on laboratory experimentation, debugging and trial and error. Such an approach is neither time nor cost effective and thus clearly not suitable for establishing efficient engineering processes in a growing industry. The situation presents us with a clear demand for capable simulation software that allows to accurately simulate design options in a quantum optical engineering process.

On the other hand, the processes of generating quantum light have been studied for decades and the theoretical foundation to perform the necessary computations is well established in the scientific literature. In order to apply it to a specific engineering problem, however, a significant amount of expertise and research effort is needed to compile the relevant information.

We aim to enable optical engineers to harness this knowledge effectively and bring the theory on quantum photonics to use in practical applications. To this end, we plan develop a comprehensive software package to simulate the process of photon pair generation by SPDC, taking into account realistic conditions such as imperfections of optical components and manufacturing tolerances. The software will be easily interfaced with existing (non-quantum) optical simulation software platforms. It will benefit both the scientific research community as well as engineers in the fast-growing field of quantum optics applications, thus accelerating the quantum revolution.

## **Projektpartner**

- Quantum Technology Laboratories GmbH