



## Verbundprojekt EQUAHUMO

# Effiziente Quantenalgorithmien für das Hubbard-Modell

### Motivation

Das Hubbard-Modell spielt bei der Beschreibung von Quantenmaterialien eine wichtige Rolle. In zwei Dimensionen soll dieses Modell die essenzielle Physik von Hochtemperatur-Supraleitern erfassen. Darüber hinaus werden neuartige, nicht-Silicium basierte Materialien für potenzielle Anwendungen im Bereich der Elektronik („Spintronics“) häufig durch das Hubbard-Modell oder davon abgeleiteten Modellen beschrieben. Somit ist es auch für industrielle Anwendungen relevant. Die Lösung der mathematischen Gleichungen für das Hubbard-Modell mit klassischen Computern ist sehr schwierig, da die benötigten Ressourcen exponentiell mit der Systemgröße anwachsen. Quantencomputer könnten diese Hürde jedoch überwinden und Lösungen in viel kürzerer Zeit liefern.

### Ziele und Vorgehen

Ziel des Projektes ist es, effiziente Quantenalgorithmien für Hubbard-Modelle oberhalb des absoluten Nullpunkts zu entwickeln. Dadurch sollen Aufgaben gelöst werden, die mit klassischen Computern nicht bewältigt werden können. In diesem Zusammenhang sollen Algorithmen entwickelt werden, um sowohl statische als auch dynamische Materialeigenschaften (z. B. optische Eigenschaften oder Transporteigenschaften) mit analogen oder digitalen Quantencomputern zu berechnen. Dabei wird die Expertise der Partner in den Bereichen Quantencomputing, Quantenalgorithmien und Vielteilchenphysik genutzt, um die unterschiedlichen Bausteine der Algorithmen zu realisieren.

### Innovation und Perspektiven

Die effiziente Lösung des Hubbard-Modells gilt als eine der relevantesten offenen Fragestellungen in der modernen Physik. Aus wissenschaftlicher Sicht wird dies das Verständnis vieler physikalischer Phänomene, einschließlich der Hochtemperatur-Supraleitung, vertiefen und möglicherweise auch zur Entdeckung neuer Phänomene führen. Aus praktischer Sicht könnte das Hubbard-Modell zu einem Standardwerkzeug werden, um Quantenmaterialien zu beschreiben.

#### Projekttitel:

Efficient Quantum Algorithms for the Hubbard Modell (EQUAHUMO)

#### Programm:

Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt

#### Fördermaßnahme:

Anwendungsnetzwerk für das Quantencomputing

#### Projektvolumen:

3,9 Mio. Euro (zu 80,1 % durch das BMBF gefördert)

#### Projektlaufzeit:

01.01.2022 – 31.12.2024

#### Projektpartner:

- Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching b. München
- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Naturwissenschaftliche Fakultät, Lehrstuhl für Angewandte Physik, Erlangen
- Technische Universität München, Physik Department, Garching b. München
- Quantinuum GmbH, München

#### Projektkoordination:

Max-Planck-Institut für Quantenoptik  
Prof. Ignacio Cirac  
E-Mail: [ignacio.cirac@mpq.mpg.de](mailto:ignacio.cirac@mpq.mpg.de)