

Universität Bayreuth, Pressemitteilung Nr. 041/2022 vom 28.03.2022

## Ein Meilenstein für neue Quantentechnologien: Exakte Simulationen von Umgebungseinflüssen auf Quantensysteme

Quantensysteme gewinnen heute eine immer stärkere Bedeutung für technologische Innovationen in der Informationsverarbeitung, der Kryptographie, der Photonik, der Spintronik oder im Hochleistungsrechnen. Sie stehen in ständiger Wechselwirkung mit ihrer Umgebung, die ihre Funktionsweisen in vieler Hinsicht beeinflussen. Physikern der Universität Bayreuth ist es jetzt in Kooperation mit Partnern an den Universitäten Edinburgh und St. Andrews gelungen, einen neuartigen Algorithmus zur Simulation und Berechnung dieser Einflüsse zu entwickeln. In „Nature Physics“ stellen sie ihre für das Verständnis von offenen Quantensystemen wegweisende Entdeckung vor.

Die Forscher bezeichnen ihren Algorithmus als „Automated Compression of Environments (ACE)“. „Mit dieser Entwicklung ist uns ein Durchbruch in der Simulation von Quantensystemen gelungen. Denn für High-Tech-Anwendungen von Quantensystemen ist es von außerordentlich hoher Relevanz, die Umgebungseinflüsse realistisch simulieren zu können. Wir können davon ausgehen, dass unsere neue Methode zu vielen wertvollen Einsichten in technologisch relevante Quantensysteme führen wird. Sie wird sicher auch für die Entwicklung weiterer Quantenalgorithmen und für die Steuerung von Quantensystemen neue Wege ebnen“, erklärt Prof. Dr. Vollrath Martin Axt, der die Forschungsarbeiten an der Universität Bayreuth geleitet hat.

Der neue Algorithmus zeichnet sich durch eine hohe Flexibilität aus. Er ist, anders als viele andere Methoden, in der Lage, mehrere unterschiedliche Umgebungseinwirkungen gemeinsam auf mikroskopischer Stufe zu beschreiben – und zwar numerisch vollständig, ohne auf die bei Simulationen von Vielteilchenmodellen üblichen Näherungen am Modell zurückgreifen zu müssen. Der neue Algorithmus überwindet zudem eine Reihe von Einschränkungen, denen die bisherigen Verfahren zur Simulation und Berechnung der externen Einflüsse auf Quantensysteme unterliegen. „ACE ermöglicht ein geradezu unbegrenztes Spektrum von Anwendungen: Er lässt sich gleichermaßen auf bosonische, fermionische oder Spin-Umgebungen anwenden. Die Einflüsse von Gaußischen und Nicht-Gaußischen Umgebungen, linearen und nicht-linearen Umgebungen, diagonalen und nicht-diagonalen Umgebungen können jetzt gleichermaßen mit hoher Präzision simuliert werden“, erklärt Axt.

## **Quantentechnologien in der Lehre:**

### **Neue Förderung durch das Bayerische Wissenschaftsministerium**

Nicht nur in der Forschung, sondern auch in der Lehre rücken quantentechnologische Anwendungen und ihre physikalischen Grundlagen an der Universität Bayreuth künftig stärker in den Fokus. Wie das Bayerische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst vor wenigen Tagen bekannt gab, erhält die Fakultät für Mathematik, Physik und Informatik aus Mitteln der High-Tech Agenda Bayern eine Förderung von 144.000 Euro, um die Lehre auf dem Gebiet der Quantentechnologien auszubauen und zu intensivieren. Gleich hohe Förderbeträge gehen an die Universitäten Augsburg, Erlangen-Nürnberg, München, Regensburg und Würzburg.

„Geld in Forschung und Technik zu investieren ist das eine, Talente fördern das andere. Wir bringen beides zusammen: Die schlaunen Köpfe an Bayerns Universitäten für die Quantenforschung gewinnen und sie schnell fit für die Zukunft machen“, erklärte Wissenschaftsminister Markus Blume. „Über die Entscheidung des Bayerischen Wissenschaftsministeriums freuen wir uns sehr. Sie ist ein wichtiger Impuls für die weitere Stärkung der Quantenphysik in Bayern. In Bayreuth werden wir die Fördermittel insbesondere dafür einsetzen, moderne Praktikumsversuche aufzubauen, die es Studierenden erlauben, selbstständig Experimente der aktuellen Forschung durchzuführen. Diese Experimente haben einen direkten Bezug zu innovativen Konzepten, die die Grundlage von Quantentechnologien bilden.“, sagt Prof. Dr. Vollrath Martin Axt, Geschäftsführer des Physikalischen Instituts der Universität Bayreuth.

### **Veröffentlichung:**

Moritz Cygorek et al.: Simulation of open quantum systems by automated compression of arbitrary environments. Nature Physics (2022), DOI: 10.1038/s41567-022-01544-9

### **Kontakt:**

Prof. Dr. Vollrath Martin Axt

Theoretische Physik III – Quantentheorie der kondensierten Materie

Universität Bayreuth

Telefon: +49 (0)921 55-3320

E-Mail: [martin.axt@uni-bayreuth.de](mailto:martin.axt@uni-bayreuth.de)

### **Englisch:**

## **A milestone for new quantum technologies: Exact simulations of environmental influences on quantum systems.**

Today, quantum systems are becoming increasingly important for technological innovations in information processing, cryptography, photonics, spintronics, or high-performance computing. They are in constant interaction with their environment, which influences their modes of operation in many respects. Physicists at the University of Bayreuth, in cooperation with partners at the Universities of Edinburgh and St. Andrews, have now succeeded in developing a novel algorithm to simulate and calculate these influences. In "Nature Physics" they present their discovery, which is groundbreaking for the understanding of open quantum systems.

The researchers call their algorithm "Automated Compression of Environments (ACE)." "With this development, we have achieved a breakthrough in the simulation of quantum systems. This is because it is of extremely high relevance for high-tech applications of quantum systems to be able to realistically simulate the environmental influences. We can expect that our new method will lead to many valuable insights into technologically relevant quantum systems. It will certainly also pave new ways for the development of new quantum algorithms and for the control of quantum systems," explains Prof. Dr. Vollrath Martin Axt, who led the research work at the University of Bayreuth.

The new algorithm is characterized by a high degree of flexibility. Unlike many other methods, it is able to describe several different environmental effects together on a microscopic level – and to do so numerically completely, without having to resort to the approximations to the model that are common in simulations of many-particle models. The new algorithm also overcomes a number of limitations faced by previous methods for simulating and calculating external influences on quantum systems.

"ACE enables a virtually unlimited range of applications: It can be applied equally to bosonic, fermionic or spin environments. The influences of Gaussian and non-Gaussian environments, linear and non-linear environments, diagonal and non-diagonal environments can now be simulated equally with high precision," Axt explains.

## **Quantum technologies in teaching:**

### **New funding from the Bavarian Ministry of Science**

Not only in research, but also in teaching, quantum technology applications and their physical foundations will move more into focus at the University of Bayreuth in the future. As the Bavarian State Ministry of Science and the Arts announced a few days ago, the Faculty of Mathematics, Physics and Computer Science will receive funding of 144,000 euros from the High-Tech Agenda Bavaria to expand and intensify teaching in the field of quantum technologies. Equal amounts of funding will go to the universities of Augsburg, Erlangen-Nuremberg, Munich, Regensburg and Würzburg.

"Investing money in research and technology is one thing, fostering talent is another. We bring the two together: Attracting the bright minds at Bavaria's universities to quantum research and quickly making them fit for the future," explained Science Minister Markus Blume. "We are very pleased about the decision of the Bavarian Ministry of Science. It is an important impulse for the further strengthening of quantum physics in Bavaria. In Bayreuth, we will use the funding in particular to set up modern practical experiments that will allow students to independently perform experiments in current research. These experiments are directly related to innovative concepts that form the basis of quantum technologies," says Prof. Dr. Vollrath Martin Axt, Managing Director of the Institute of Physics at the University of Bayreuth.

#### **Publication:**

Moritz Cygorek et al: Simulation of open quantum systems by automated compression of arbitrary environments. Nature Physics (2022), DOI: 10.1038/s41567-022-01544-9.

#### **Contact:**

Prof. Dr. Vollrath Martin Axt

Theoretical Physics III - Quantum Theory of Condensed Matter

University of Bayreuth

Phone: +49 (0)921 55-3320

E-mail: martin.axt@uni-bayreuth.de