

Projekt

Koordinator:

Dr. Jürgen Stuhler
TOPTICA Photonics AG
Lochhamer Schlag 19
82166 Graefeling
Tel.: +49 89 85837-116
E-Mail: Juergen.Stuhler@toptica.de

Projektvolumen:

ca. 6 Mio. € (Förderquote 75%)

Projektlaufzeit:

01.05.2017 bis 31.10.2020

Projektpartner:

- ➔ TOPTICA Photonics AG, Gräfelfing
- ➔ Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig
- ➔ Menlo Systems GmbH, Planegg
- ➔ HighFinesse GmbH, Tübingen
- ➔ Qubig GmbH, Übersee
- ➔ Universität Siegen, Siegen
- ➔ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn
- ➔ Forschungsverbund Berlin e.V., Berlin
- ➔ VACOM GmbH, Großlöbichau

Quantentechnologien – Grundlagenforschung für neuartige Anwendungen

Quantentechnologien sind Technologien, die auf der gezielten Ausnutzung von Quanteneffekten beruhen. Beispiele hierfür sind die Halbleitertechnologien, die Magnetresonanztomografie oder der Laser. Bei aktuellen wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen – der zweiten Generation der Quantentechnologien – steht dezidiert der kontrollierte Quantenzustand einzelner oder gekoppelter Systeme im Vordergrund, d. h. seine gezielte Präparation, seine kohärente Kontrolle und nachfolgende Auslese. Dadurch ergeben sich neue Möglichkeiten für Anwendungen in der Informationsübertragung und -verarbeitung, für höchstpräzise und -sensible Mess- und Abbildungsverfahren oder auch für die Überwindung heutiger Beschränkungen bei der Simulation komplexer Systeme.

Im Themenfeld der Quantentechnologien hat das BMBF einen Strategieprozess der Fach-Community initiiert, welcher die Bedeutung des Themenfelds für den Wirtschafts- und Wissenschaftsstandort Deutschland herausgearbeitet und betont hat. Dies erfolgte im Einklang mit zeitgleichen Bewertungen des Themenfelds im europäischen und internationalen Umfeld. Mit der vorliegenden Fördermaßnahme setzt das BMBF erste Ergebnisse dieser Prozesse um.

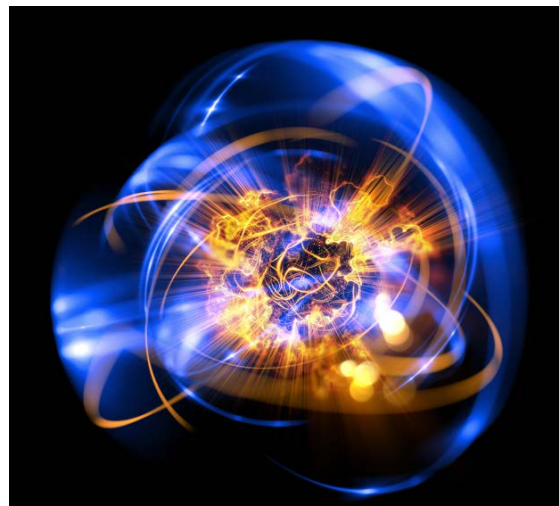


Bild 1: Die Quantentechnologien bilden die wissenschaftliche Basis für eine Vielzahl neuer Anwendungen.
(Quelle: fotolia ©rybindmitriy)

Quantentechnologie in der Anwendung

Im Rahmen des Projekts "Optische Einzelionen-Uhr für Anwender (optIclock) soll ein Demonstrator einer dauerbetriebsfesten kompakten optischen Uhr unter maßgeblicher Beteiligung von Industrieunternehmen erforscht und entwickelt werden. Höchstpräzise Uhren sind eine der ersten und prominentesten Anwendungen der Quantentechnologie. Diese neueste Generation von Uhren basiert auf optischen Übergängen in neutralen Atomen oder geladenen Ionen. Prototypen in führenden internationalen Metrologie-Laboratorien erreichen heute Genauigkeiten von wenigen Teilen in 10¹⁸, was einer Gangabweichung von ca. einer Sekunde über das Alter des Universums entspricht. Mit einem solchen Gerät erschließen sich viele kommerzielle Anwendungen mit bisher unerreichter Präzision, wie z.B. im Bereich der Synchronisation von großen Datennetzwerken in der Telekommunikation und von Radioteleskopen, sowie in der Erdbeobachtung zur Messung von Höhendifferenzen und schließlich zur Verbesserung von Zeitskalen und der Navigation in globalen Satelliten-Navigationssystemen wie GPS und GALILEO.

Optische Uhren für den Feldeinsatz

Ziel des Projekts ist es, eine optische Uhr als Ersatz für einen Wasserstoff-Maser (Laser im Mikrowellenbereich, basierend auf Wasserstoff-Atomen) zu entwickeln, der bislang für viele dieser Anwendungen eingesetzt wird, und diesen sowohl in Stabilität als auch Genauigkeit um mehr als einen Faktor zehn zu übertreffen. Die geplante Uhr basiert auf einem einzelnen, in einer Ionenfalle gefangenen und mit Lasern gekühlten Ytterbium-Ion. Diese Art von Uhr gehört zu den heute genauesten weltweit demonstrierten Frequenzstandards. Bisher werden solche Uhren jedoch in hochspezialisierten Labors unter wohldefinierten Bedingungen von Wissenschaftlern betrieben. In diesem Projekt soll durch einen gezielten Transfer von wissenschaftlichen Forschungsergebnissen in die Industrie eine robuste, dauerbetriebsfeste und einfach zu bedienende Uhr entwickelt werden, die außerhalb eines dafür spezialisierten Labors betrieben werden kann. Dazu sollen zentrale Komponenten der Uhr, wie die Kühl- und Uhrenlaser, die Ionenfalle, die Vakuumapparatur und die Steuerung der Uhr von Industriepartnern mit der dafür notwendigen Ingenieurs-Expertise vorentwickelt werden. So wird bis zum Ende des Projekts ein voll funktionsfähiger Uhrendemonstrator aufgebaut. Die erzielten Ergebnisse dienen als wesentlicher Ausgangspunkt für die Weiterentwicklung in der Quantentechnologie allgemein und später anschließende Produktentwicklungen, die auch eine erfolgreiche Kommerzialisierung beinhalten.

Die Miniaturisierung und Integration der einzelnen Komponenten, sowie die Entwicklung einer Systemarchitektur für einen komplexen Quantensensor sind zentrale Aufgaben. Das Gesamtsystem wird in zwei fahrbaren Regalaufbauten integriert und über mehrere Tage hinweg ohne Nutzereingriff betrieben werden. Die hierfür notwendige Entwicklung an Schlüsseltechnologien wird auch anderen Anwendungen der Quantentechnologie zugutekommen, wie z.B. Quantencomputer, Quantensimulatoren oder Quantensensoren basierend auf gefangenen Ionen oder Atomen.

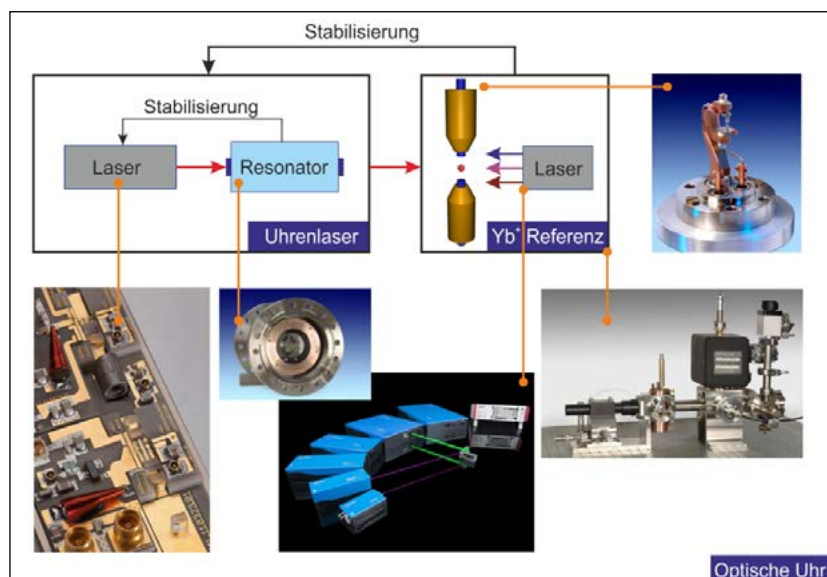


Bild 2: Prinzipbild des Aufbaus der optischen Uhr.
(Quelle: Physikalisch-Technische Bundesanstalt)