



Abb. Integration der Photonik

### Vorteile

- sehr präzise Laserfrequenzstabilisierung
- Messverfahren unabhängig von der Geometrie der Ionenfalle
- Plug-and-Play-Lösung durch beliebig kombinierbare Komponente

### Ansprechpartner:

Dr. Nataša Lalović  
Technologietransfer  
Telefon: +49 531 592-8306  
E-Mail: [Technologietransfer@ptb.de](mailto:Technologietransfer@ptb.de)

Carl-Frederik Grimpe  
QUEST 2 „Quantenuhren und komplexe Systeme“



Physikalisch-Technische  
Bundesanstalt  
Bundesallee 100  
D-38116 Braunschweig

[www.technologietransfer.ptb.de](http://www.technologietransfer.ptb.de)

## Frequenzlängenstabilisierung mit Hilfe von integrierten Optiken für atomare Fallenchips

Für den Fortschritt von Ionenfallen-Quantencomputern ist Skalierbarkeit erforderlich: immer mehr Qubits, immer mehr Ionen müssen miteinander interagieren. Ein wichtiger Schritt, um die Skalierbarkeit dieses Systems zu ermöglichen, ist die Integration photonischer Bauelemente in den Fallenchip. Zudem ist zu erwarten, dass die Frage der Stabilisierung der Frequenz ganz bis zum Atom/Ion immer wichtiger wird. Die neue PTB-Technologie basiert auf einem Chip mit integrierten Optiken, welcher das Konzept der Frequenzlängenstabilisierung über die Gesamtlänge des Laserlichts zwischen einem Laser und dem Chip realisiert. So kann das Signal höchster Qualität praktisch störungsfrei vom Laser bis zum Chip gesendet werden.

Eine stabile Lichtfrequenz ist für die zuverlässige Messungen in den quanten-technologischen Experimenten erforderlich. Die Lichtfrequenz ist gleichzeitig gegenüber internen und externen Störungen sensitiv, so dass sich durch Vibrationen, Luftfeuchtigkeit sowie Temperaturänderungen die optische Weglänge und somit auch die Phasenlage und Frequenz verändern. Gegenwärtig wird in der neuen Generation von Quantensensoren (mit integrierten Fallenchips) die Frequenzlängenstabilisierung nicht über die Gesamtlänge des Laserlichts zwischen einem Laser und einem Chip gewährleistet. Die handelsüblichen Lösungen basieren auf Freistrahloptiken und Fasern außerhalb der Vakuumkammer und ermöglichen so eine Stabilisierung der Laserfrequenzen außerhalb der Vakuumkammer nur bis zum Fenster der Vakuumkammer. Das neue PTB-Messprinzip und -Design eines Fallenchips mit integrierten Optiken ermöglichen erstmals die Frequenzlängenstabilisierung bis kurz vor dem Ion/Atom im Fallenchip. Damit wird ein Spektroskopiesignal hoher Qualität sichergestellt, das für die nächste Generation von Quantensensoren erforderlich ist.

### Wirtschaftliche Bedeutung

Dieses Konzept ist in chip-basierten Quantencomputer oder Quantensensoren mit Neutralatomen und Ionen (zum Beispiel optische Atomuhren und Atominterferometer) einsetzbar.

### Entwicklungsstand

Für die Erfindung wurde ein deutsches Patent angemeldet. Das Konzept befindet sich im Entwicklungsstadium auf dem Weg zur Funktionsmuster. Lizenzen für die Nutzung können angefragt werden.