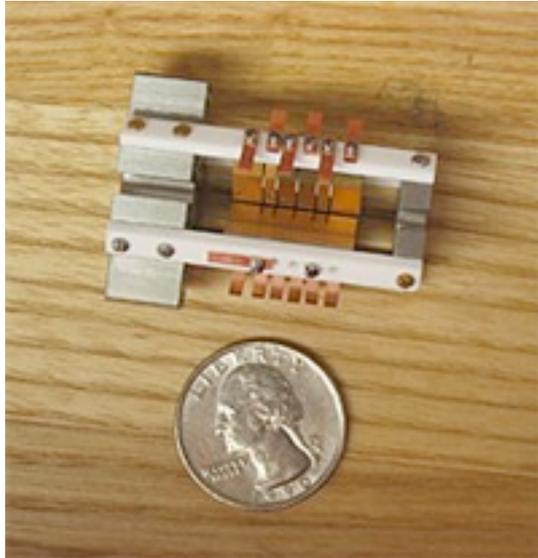


Genauigkeit: $< 0,000.000.000.000.001 \%$

Quanten-Logik steuert genaueste Uhr der Welt

Erscheinungsdatum: 28 Februar 2010



Physiker des US-amerikanischen NIST (National Institute of Standards and Technology) gelang der Bau einer stark verbesserten Atom-Uhr auf der Basis eines einzelnen Aluminium-Ions. Damit wurde ein neuer Präzisions-Weltrekord erreicht, denn diese Uhr ist mehr als doppelt so genau wie der bisherige Spitzenreiter auf der Basis eines Quecksilber-Atoms.

Die neue Alu-Uhr geht innerhalb von 3,7 Milliarden Jahren keine Sekunde vor oder nach, wie die in den Physical Review Letters veröffentlichten Messungen nahelegen. Die neue Uhr ist schon die zweite Ausgabe einer Quanten-Uhr des NIST. Die Bezeichnung Quanten-Uhr leitet sich von der verwendeten Logik ab, die auch zur Speicherung und Verarbeitung von Daten mit Atomen im Bereich experimenteller Quanten-Computer verwendet wird. Dieser Bereich ist gleichzeitig ein weiterer Schwerpunkt des NIST.

Zusätzlich zur Demonstration, dass sich mit Aluminium eine bessere Zeitbasis als mit Quecksilber erreichen lässt, zeigte sich die generelle Überlegenheit dieser auch optische Uhren genannten Techniken gegenüber der Cäsium-Uhr, die als amerikanische Zeitreferenz genutzt wird und die mit einer Genauigkeit von einer Sekunde in 100 Millionen Jahren eigentlich fast zwei Größenordnungen unpräziser ist.

Eigentlich meint: Trotz der besseren technischen Eigenschaften der Alu-Uhr kann sie nicht wirklich genauer als die Cäsium-Uhr sein. Der Grund hierfür liegt in der SI-Definition der Zeit, und diese Definition bezieht sich auf die Frequenz der Strahlung bei Übergängen der Hyperfeinstrukturen im Grundzustand des Isotops Cäsium-133. Aufgrund dieser Definition kann keine Uhr genauer als die Cäsium-Uhr sein.

Technisch basiert die Quanten-Uhr auf einem in einer Falle aus elektrischen Feldern gefangenen einzelnen Aluminium-Ion, das bei einer Frequenz im Bereich ultravioletten Lichts schwingt. Dieser Frequenz ist etwa 100.000 Mal größer als die Mikrowellenstrahlung, die im Cäsium-Zeitnormal NIST-F1 und ähnlichen Uhren verwendet werden. Vor allem aufgrund der höheren Frequenz sind zukünftige, weiter verbesserte optische Uhren dazu in der Lage, mehr als 100 Mal präzisere Zeitbasen zu bilden, als dies mit der gängigen niederfrequenten Cäsium-Technik möglich ist.

Aluminium ist als ein chancenreicher Bewerber, wenn es um die Etablierung eines neuen Zeitstandards durch die internationalen Standardisierungsbehörden gehen wird. Im NIST arbeiten Wissenschaftler zur Zeit an fünf unterschiedlichen experimentellen Uhren auf der Basis unterschiedlicher Atome, die alle ihre besonderen

Stärken haben. Das Verfahren des NIST lässt sich gut replizieren und Replizierbarkeit ist ein wichtiges Kriterium bei einem zukünftigen neuen Zeitnormal.

Der technische Hintergrund der Quanten-Uhr des NIST besteht darin, dass mit Hilfe eines Lasers die exakte Resonanzfrequenz eines Aluminium-Ions gemessen wird, bei dem der Sprung zu einem höheren Energie-Level stattfindet. Hierbei werden sorgfältig alle möglichen Abweichungen wie die der Ionen-Bewegung einkalkuliert. Weder gibt es eine perfekte Uhr noch ein externer absoluter Vergleichsmaßstab oder gar perfekte Messungen. Aus diesen Gründen muss die Präzision der Uhr bzw. die möglichst exakte Resonanzfrequenz auf der Grundlage wiederholter Messungen bestimmt werden. Je kleiner die gemessenen Unterschiede desto höher ist die Präzision.

Die Physiker verglichen außerdem die Präzision der neuen Uhr mit ihren Vorgängern. Weiter wurden bei zwei Uhren die Frequenz des Lasers der einen zur Messung der Resonanzfrequenz der anderen Uhr verwendet. Es wurden insgesamt 56 unterschiedliche Vergleiche mit Zeitspannen zwischen 15 Minuten und drei Stunden durchgeführt. Dabei zeigten die Uhren nahezu den identischen Takt - die gemessenen Unterschiede liegen im Bereich von $1 \cdot 10^{-17}$. Die Übereinstimmung zwischen zwei Aluminium-Uhren liegt damit deutlich über dem Zehnfachen gegenüber dem Vergleich mit älteren Konzepten.

Mehr Infos

- [Hintergründe zur Quanten-Logik der Uhr](#)
- [Abstract des Artikels in den Physical Review Letters](#)