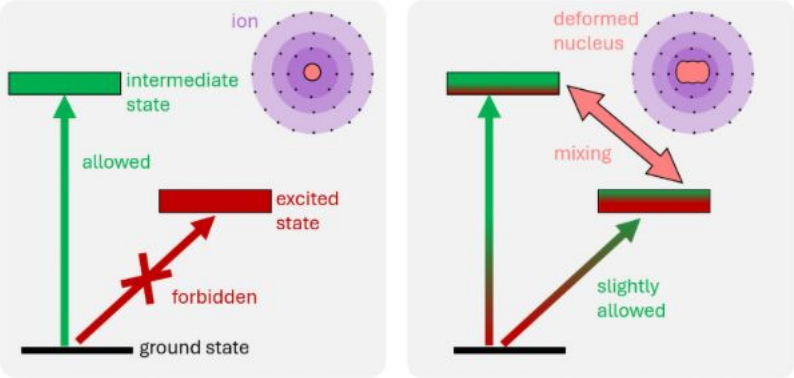
Neuer Typ optische Atomuhr in Sicht

20.01.2026, 15:14 | Wissenschaft, Forschung, Bildung

Pressemitteilung von: *idw - Informationsdienst Wissenschaft*



Den Takt der Zeit auf der Welt geben seit vielen Jahren verlässlich die Cäsium-Atomuhren an. Aber die Zukunft gehört den noch genaueren optischen Atomuhren. Mit ihnen könnte in einigen Jahren die Definition der Basiseinheit Sekunde im Internationalen Einheitensystem SI geändert werden. Welche der verschiedenen optischen Uhren dafür als Grundlage dienen wird, ist noch völlig offen. Zu der Vielzahl optischer Uhren, die die Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) als führendes Institut auf diesem Gebiet realisiert hat, könnte sich ein weiterer Typ gesellen: eine optische Multi-Ionen-Uhr mit Ytterbium-173-Ionen. Sie könnte die hohe Genauigkeit einzelner Ionen mit der verbesserten Stabilität mehrerer Ionen kombinieren. Dies ist das Ergebnis einer Kooperation der PTB mit dem thailändischen Metrologie-Institut NIMT. Das Team um Tanja Mehlstäubler berichtet darüber in der aktuellen Ausgabe der Fachzeitschrift Physical Review Letters. Die Ergebnisse sind auch interessant für die Quantencomputer- und die Grundlagenforschung mit einem neuen Blick ins Innere des Atoms.

Optische Atomuhren mit einzelnen Ionen (etwa mit Ytterbium-171) sind besonders genau, während Uhren mit mehreren Teilchen (beispielsweise Strontium-Atomen) durch große Stabilität bestechen. Tanja Mehlstäubler forscht an einer Kombination der beiden Eigenschaften und hat bereits eine Multi-Ionen-Uhr mit Indium realisiert. Jetzt hat sie für die Multi-Ionen-Idee ebenfalls Ytterbium im Blick, allerdings ein neues Isotop: Ytterbium-173. „Dieses Isotop hat einen besonders interessanten Übergang“, erklärt die Physikerin.

Übergang nennt man den Quantensprung, den man in jeder Atomuhr erreichen will: der Wechsel des Quantenzustandes, der nur mit einer ganz bestimmten Frequenz von Mikrowellen- oder Laserstrahlung gelingt. Mikrowellenstrahlung nutzt man für die aktuellen Cäsium-Atomuhren. Die optischen Uhren arbeiten mit Laserstrahlung. Weil diese Schwingungen etwa hunderttausend Mal schneller sind, ist die Zeit feiner unterteilbar und genauer messbar.

Der Quantensprung in dem neuen Ytterbium-Isotop führt zu einem angeregten Zustand mit sehr langer Lebensdauer. „Das ermöglicht uns stabilere Messungen“, erklärt Erstautor Jialiang Yu. „Aber solche Übergänge erfordern normalerweise starkes Laserlicht, was wiederum große Nachteile haben kann.“ Dieses Ytterbium-Isotop hat jedoch einen ganz speziell geformten Atomkern und besondere Eigenschaften, die es dem Team möglich machten, die Probleme zu überwinden und sogar mehrere Ionen gleichzeitig anzusteuern.

So ist jetzt der Weg frei für eine optische Ytterbiumuhr mit mehreren Ionen, die die hohe Genauigkeit von Einzelionenuhren mit der verbesserten Stabilität des Mehrionenbetriebs kombiniert. Die neue atomare Spezies eignet sich ebenfalls sehr gut als Multi-Qubit für die Quanteninformation, da sich die Quantenzustände extrem genau per Laserstrahlung manipulieren lassen und mehr Quanteninformation gleichzeitig enkodiert werden kann. So bietet sich hier eine neue Möglichkeit für die Quantencomputerforschung.

Die erstmalige Messung der Lebensdauer des Uhrenzustands liefert wertvolle Informationen über die Struktur des Atomkerns und ermöglicht empfindliche Tests der Kernphysik, etwa auf mögliche Effekte jenseits des Standardmodells der Physik.

Die Arbeit wurde unter anderem unterstützt von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DQ-mat), durch die Deutsche Exzellenzinitiative (QuantumFrontiers-390837967) im Rahmen des EU-weiten Metrologieforschungsprogramms (EMPIR-Projekt 22IEM01 TOCK) und durch das Max-Planck-RIKEN-PTB-Center for Time, Constants and Fundamental Symmetries.
(es/ptb)

Foto:
Anders als andere Atome (links) hat Ytterbium-173 (rechts) einen großen Kernspin und einen stark deformierten Kern, dessen starke Felder mit der Elektronenhülle wechselwirken. Dadurch werden verbotene Quantensprünge zu erlaubten Übergängen (siehe rotgrüner Pfeil „slightly allowed“). Damit lässt sich der Übergang leichter mit einem Laser anregen.
(Abb.: PTB)

Förderungshinweis:
Dieses Projekt wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) durch den CRC SFB 1227 (DQ-mat, Projekt B03) und durch die deutsche Exzellenzstrategie EXC-2123 QuantumFrontiers-390837967 unterstützt. Wir danken für die Unterstützung durch das Projekt 22IEM01 TOCK, das aus dem EMPIR-Programm, das von den teilnehmenden Staaten kofinanziert wird und aus dem Forschungs- und Innovationsprogramm Horizont 2020 der Europäischen Union finanziert wurde. Diese Arbeit wird auch durch finanzielle Unterstützung des NSRF über die Program Management Unit for Human Resources and Institutional Development, Research and Innovation [Grant No. B39G680007] und das Max-Planck-RIKEN-PTB-Center for Time, Constants and Fundamental Symmetries unterstützt.

wissenschaftliche Ansprechpartner:
Dr. Jialiang Yu, QUEST-Forschungsgruppe 2: Quantenuhren und komplexe Systeme, Telefon: (0531) 592-4753,

Prof. Dr. Tanja Mehlstäubler, Leiterin der QUEST-Forschungsgruppe 2: Quantenuhren und komplexe Systeme, Telefon: (0531) 592-4710,

Originalpublikation:
J. Yu, A. Prakash, C. Zyskind, I. A. Biswas, R. Kaewuam, P. Phoonthong, T. E. Mehlstäubler: Nuclear spin quenching of the 2 S1/2 2 F7/2 Electric Octupole Transition in 173 Yb+ . Phys. Rev. Lett 136, 023002 (2026), DOI: https://doi.org/10.1103/fx1b-5666

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

ErikaSchow (Mitarbeiter in der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit)

0531 / 592-9314

erika.schow@ptb.de

Link zur Pressemitteilung:

https://www.openpr.de/news/1301538/Neuer-Typ-optische-Atomuhr-in-Sicht-idw.html