



Kurzbeschreibung

Grundlagenexperimente zur Physik **ultrakalter Atome** und **Bose-Einstein-Kondensaten (BEC)** werden auf der ISS in Kooperation mit der NASA im **Cold Atoms Lab (CAL)** durchgeführt. Erstmals sind damit Langzeitversuche zu BEC möglich. Diese können die **Entwicklung modernster Atom-Chip-Technologie, miniaturisierter Lasermodule und hochpräziser mobiler Atomuhren und Sensoren** weiter vorantreiben.



Warum auf der ISS?

- Einstein-Test erfordert erhöhte Lebensdauer der Bose-Einstein-Kondensate
- Erhöhte Lebensdauer erfordert Schwerelosigkeit



Anwendungen und Perspektiven



Raumfahrt

- Grundlagenforschung
- Navigationssysteme
- Geodäsie
- Präzise Uhren



Erde

- Neueste Chip-Technologie
- Miniaturisierte Lasermodule
- Präzise Uhren

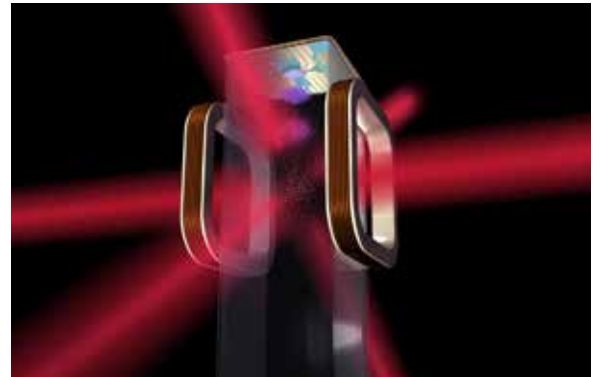


Bild: NASA



Beteiligte

DLR Raumfahrtmanagement, Universität Hannover, ZARM Bremen, Universität Berlin, Ferdinand-Braun-Institut Berlin, Universität Mainz, Universität Ulm, TU Darmstadt



Daten und Fakten

- **Start:** Orbital OA-9, 20. Mai 2018
- **Wissenschaftliche Begleiter:** Prof. Bigelow, Prof. Schleich, Prof. Peters, Prof. Lämmerzahl, Prof. Braxmaier, Prof. Ertmer, Prof. Rasel
- **Eigenschaften:** Bose-Einstein-Kondensate, Materiewellen-Interferometrie, miniaturisierte Lasermodule



#horizons





Neues ISS-Labor für ultrakalte Atomforschung

Das „**Cold Atoms Lab**“ – kurz CAL – ist eine kompakte, atomchipbasierte Anlage zur Untersuchung **ultrakalter Quantengase** wie zum Beispiel **Bose-Einstein-Kondensaten (BEC)**. Mit dem CAL wird eine **neue Ära der ISS-Forschung** eingeläutet, da nun erstmals hochgenau fundamentalphysikalische Fragestellungen mit **Quantenobjekten nahe am absoluten Temperaturnullpunkt** (-273,15 Grad Celsius) untersucht werden können. In der Anlage werden Wolken aus Rubidium- und Kalium-Atomen sowie Mischungen beider Atomsorten erzeugt. Mit Hilfe von Laserpulsen wird die Bewegung der Atome abgebremst. Diese extrem verlangsamteten Atome werden auf einem sogenannten **Atomchip**, einer magnetischen Falle, eingefangen. Wird das magnetische Feld heruntergefahren, verbleiben nur die kältesten und somit langsamsten Atome in der Falle. Mit sinkender Temperatur, in unmittelbarer Nähe des absoluten Temperaturnullpunktes, verhält sich die Atomwolke wie ein einziges „**Riesenatom**“ – ein Bose-Einstein-Kondensat hat sich gebildet. Dieses kann nun makroskopisch untersucht werden. Unter Schwerelosigkeit auf der ISS haben BEC eine **Lebenszeit von bis zu 20 Sekunden**. In **keinem Labor auf der Erde** lässt sich ein BEC so **lange aufrechterhalten**. Je länger die Lebensdauer des BEC, desto genauere Ergebnisse liefert der makroskopische Quantensensor – die Empfindlichkeit eines Atominterferometers steigt dabei quadratisch mit der Lebensdauer des BEC. Aufgrund der technischen Entwicklungen, die für Anlagen wie das CAL und das BECCAL stark vorangetrieben wurden, können Quantensensoren zukünftig auch außerhalb der reinen Fundamentalforschung zum Einsatz kommen, beispielsweise zur **Lageregelung von Satelliten**, zur **Abstandsregelung bei Formationsflügen eines Satellitenschwarms** oder auch zur **präzisen Schwerfeldvermessung der Erde** oder **anderer Himmelskörper**.





Brief description

Basic experiments on the physics of **ultra-cold atoms** and **Bose-Einstein condensates (BEC)** will be carried out on the ISS in collaboration with NASA. For the first time, it will be possible to conduct long-term experiments on BECs. These can further **advance state-of-the-art atom chip technology, miniaturised laser modules** and **mobile high-precision atomic clocks and sensors**.



Why on the ISS?

- Tests in fundamental physics require increased lifetime for Bose-Einstein condensates.
- Increased lifetime of BECs requires microgravity.



Applications and prospects



Space

- Basic research
- Navigation systems
- Geodesy
- Mobile high-precision atomic clocks



Earth

- Cutting-edge atom chip technology
- Miniaturised laser modules
- Mobile high-precision atomic clocks

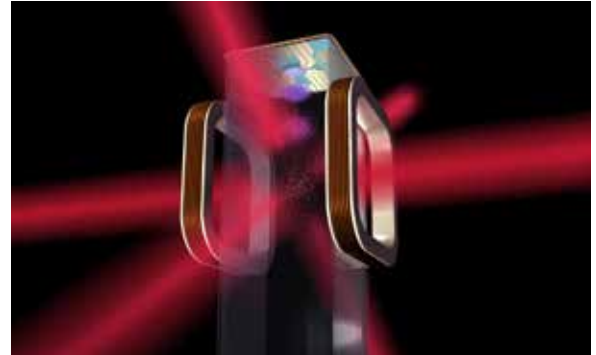


Image: NASA



Parties involved

DLR Space Administration, University of Hannover, ZARM Bremen, Humboldt University of Berlin, Ferdinand-Braun-Institut Berlin, University of Mainz, University of Ulm, TU Darmstadt



Facts and figures

- **Launch:** Orbital OA-9 20 May 2018
- **Scientific support:** Prof. Bigelow, Prof. Schleich, Prof. Peters, Prof. Lämmerzahl, Prof. Braxmaier, Prof. Ertmer, Prof. Rasel
- **Properties:** Cold atoms research, Bose-Einstein condensates, matter wave interferometry.



#horizons





Cold Atoms Lab



New ISS laboratory for ultracold atomic research

The **Cold Atoms Lab (CAL)** is a compact, atom chip-based facility for examining **ultra-cold quantum gases** such as **Bose-Einstein condensates (BEC)**. CAL represents a **new era in ISS research**, as now, for the first time, fundamental physics questions can be investigated with high precision using **quantum objects at almost absolute zero** (-273.15 degrees Celsius). In this installation, clouds of rubidium and potassium atoms are generated, as well as mixtures of both atom types. The movement of the atoms is slowed down using pulses of laser light. These extremely decelerated atoms are trapped in an **atom chip**, a magnetic trap. Once the magnetic field is lowered, only the coldest and thus slowest atoms remain in the trap. With decreasing temperature, very close to absolute zero, the atoms behave like a single '**giant atom**' – a Bose-Einstein condensate has now formed. This can now be examined macroscopically. In a state of microgravity on the ISS, BECs have a **lifespan of up to 20 seconds**. This **cannot be achieved in any laboratory on Earth**. The longer the BEC can be maintained, the more accurate are the results provided by the macroscopic quantum sensor – here, the sensitivity of an atomic interferometer increases with the square of the lifespan of a BEC. The technical developments that have been strongly advanced for installations such as CAL and BECCAL mean that quantum sensors can also be used outside fundamental research, for example to **control the positions of satellites, to control the distances in formation flights of a satellite swarm, or to measure the gravitational fields of Earth or other celestial bodies**.



[DLR.de/horizons/cal](https://dlr.de/horizons/cal)