

Samstag, 9.7.2016, 14:30-15.30

PD Dr. Ekkehard Peik, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

Atomuhren – Zeit und Frequenzen auf 18 Stellen genau

Quanteneffekte, obwohl mit dem Begriff „Unschärfe“ und nicht deterministisch vorhersagbaren Ausgängen einzelner Messungen assoziiert, bilden die Grundlage für die genauesten Messgeräte der Physik: Atomuhren. Nachdem 1955 die erste Caesium-Atomuhr in Betrieb ging, hat die weitere Entwicklung große Fortschritte gemacht: Heutige *Caesium-Fontänenuhren* mit lasergekühlten Atomen erreichen eine Unsicherheit im niedrigen 10^{-16} Bereich, realisieren damit die SI-Sekunde und bilden die Grundlage für die koordinierte Weltzeitskala. Weiter steigern lässt sich die Genauigkeit durch die Anhebung der Taktfrequenz vom Mikrowellen- in den optischen Spektralbereich. Die besten optischen Uhren werden aktuell mit Unsicherheiten im niedrigen 10^{-18} Bereich abgeschätzt.

Grundlage für diesen Fortschritt war die Einführung von Methoden zur Speicherung und Kühlung von Atomen und Ionen, die Entwicklung frequenzstabiler Laser und der Möglichkeit, optische Schwingungszyklen annähernd fehlerfrei zu zählen. An der PTB untersuchen wir ein einzelnes Yb-Ion, das im Vakuum mit Laserlicht bis nahe an den Schwingungs-Grundzustand einer Ionenfalle abgekühlt wird. Ein zweiter Laser mit sub-Hz Linienbreite treibt einen Übergang zu einem langlebigen angeregten Zustand in der Elektronenhülle des Ions. Das Signal zur Stabilisierung dieser Laserfrequenz wird aus dem beobachteten Fluoreszenzlicht des Ions abgeleitet. Die Verwendung solch gut kontrollierbarer Quantensysteme ermöglicht die hohe Reproduzierbarkeit in der Frequenz der Uhr. Die interessantesten Anwendungen dieser neuen Uhren liegen zurzeit noch im Bereich der Grundlagenforschung, zum Beispiel in der Überprüfung der grundlegenden Prinzipien der Relativitätstheorie.