

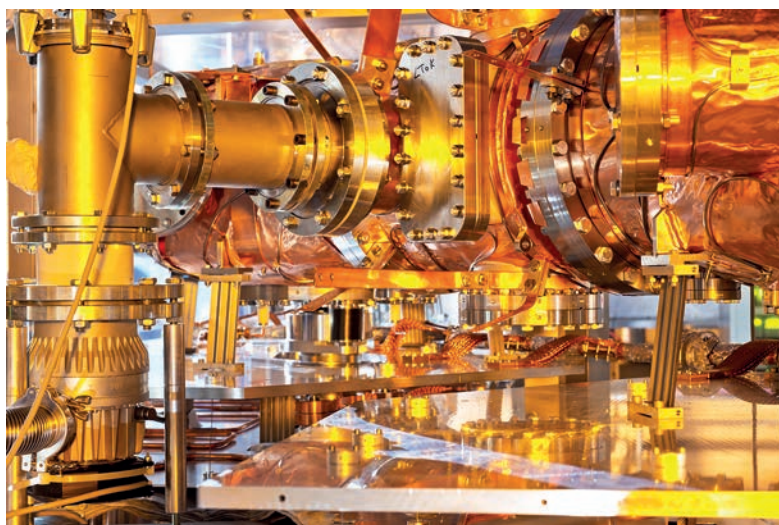
Der kälteste aller Ringe

Am MPI für Kernphysik in Heidelberg wurde der ultrakalte Speicherring CSR offiziell eingeweiht.

Temperaturen knapp über dem absoluten Nullpunkt und ein Druck von weniger als 10^{-14} mbar – diese Bedingungen herrschen im interstellaren Raum und nun auch auf der Erde: Der ultrakalte Speicherring (Cryogenic Storage Ring, CSR) am Max-Planck-Institut für Kernphysik (MPIK) in Heidelberg erlaubt es, Molekülonen wie CH^+ oder OH^- bis auf wenige Kelvin abzukühlen und so beispielsweise die Reaktionen zu untersuchen, die im interstellaren Gas zur Bildung von Wasser führen. Bei der Einweihung der weltweit einzigartigen Anlage hielt Joachim Ullrich, Präsident der PTB und ehemaliger Direktor des MPIK, das Festkolloquium. In Anlehnung an Tolkiens Herrn der Ringe führte er mit einer kurzweiligen Reise durch die Geschichte der kühlenden Speicherringe von MPIK, CERN und GSI.

Das MPIK hat sich seit seiner Gründung 1958 unter anderem damit beschäftigt, kernphysikalische Methoden auf Fragen der Chemie des Kosmos anzuwenden. In den 1980er-Jahren entstand zunächst der Testspeicherring (TSR). Magnetfelder lenkten die Ionenstrahlen durch den 55 Meter langen Ring, in dem ein Elektronenkühler die Energieverteilung der Ionen mit jedem Umlauf verkleinerte. Die thermische Energie der gespeicherten Molekülonen entsprach einer Temperatur von einigen 100 bis einigen 1000 Kelvin – Größenordnungen mehr als im interstellaren Raum. Um den dort vorliegenden niedrigen Temperaturen und Drücken möglichst nahe zu kommen und die dort vorhandenen Moleküle und Cluster speichern zu können, begann vor mehr als zehn Jahren die Planung des heutigen CSR.

Ein erster sehr optimistischer Plan sah die Inbetriebnahme bereits 2008 vor. Nachdem das Konzept 2005 publiziert wurde, zeigte eine umfassende Risikoanalyse aber, dass mehr Zeit nötig wäre, um die technischen Herausforderungen zu meistern. Im CSR halten elektro-



Der ultrakalte Strahl durchläuft mit mehreren Ablenkungen die Vakuumkammern in einer Ecke des CSR.

statische Felder die Ionen auf ihrer Bahn, weil sich dann auch schwere Moleküle bis hin zu komplexen Biomolekülen speichern lassen. In dem 35 Meter langen Ring sind mit hohem technischen Aufwand sehr niedrige Temperaturen möglich: Eine Kältemaschine verteilt flüssiges Helium in einem Rohrsystem, das den Ring in mehreren Lagen umläuft. Optisch dichte Schilde mit Temperaturen von 40 und 80 K sorgen dafür, dass elektromagnetische Strahlung den Ring nicht aufheizt; ein Isoliervakuum unterdrückt die Wärmekonvektion. Weil alle Materialien beim Abkühlen verschieden stark schrumpfen, sind die strahl-optischen Komponenten durch flexible Metallteile entkoppelt, um ihre Justierung auch im kalten Betrieb mit Genauigkeiten von $100 \mu\text{m}$ zu garantieren.

Zunächst überprüften die Heidelberger Forscher ihr Konzept an einem vier Meter langen Prototypen, an dem sie 2009 einen Druck von weniger als 10^{-13} mbar erreichten. Zwei Jahre später kühlten sie einen ersten Quadranten des Speicherrings ab. Danach ging der Aufbau der Anlage schnell voran: Noch im warmen Zustand speicherte der komplette Ring bereits im März 2014 erstmals einen Ionenstrahl. „Damit hat die Max-Planck-Gesellschaft ihre größten Stärken

bewiesen: Geduld und Ausdauer!“, betonte Joachim Ullrich.

Seither gelang es, den Ring zu kühlen und erste Experimente mit OH^- - und CH^+ -Ionen durchzuführen. Pünktlich zur Einweihung des CSR wurden die Ergebnisse publiziert^{§)}: Bei den im CSR herrschenden Temperaturen von etwa 20 K liegen 70 Prozent der CH^+ -Ionen im Rotationsgrundzustand vor. Damit sind Bedingungen erreicht, die auch im interstellaren Medium herrschen.

Doch das ist nur der erste Schritt: Derzeit wird die Anlage um einen Elektronenkühler ergänzt, um die Temperaturen des gespeicherten Ionenstrahls zu minimieren. Nach einem weiteren Jahr Messbetrieb soll ein Reaktionsmikroskop hinzukommen, das es erlaubt, komplexere Aufbruchreaktionen zu untersuchen. Langfristig ist eine Kombination des CSR mit den Atto- und Femtosekundenlasern geplant, die Thomas Pfeifer in seiner Abteilung gerade aufbaut. „In fünf Jahren machen wir dann vielleicht Pump-Probe-Experimente an unseren tiefgekühlten Ionenstrahlen“, schaut Klaus Blaum, Direktor des MPIK und Leiter der Anlage, optimistisch in die Zukunft.

Kerstin Sonnabend

§) A. P. O'Connor et al., Phys. Rev. Lett. **116**, 113002 (2016)