



# WECHSELWIRKUNG


Der Quantenphysikerin Francesca Ferlino gelang 2012 die Erzeugung des ersten Bose-Einstein-Kondensats aus Erbium. Seither lässt sie dieses Metall der seltenen Erden und sein magnetischer Charakter nicht mehr los.

**E**s war eine Mail, die Francesca Ferlino im Jahr 2006 nach Innsbruck brachte. „Damals wollten wir in Florenz aus ultrakalten Atomen Moleküle machen, hatten aber noch keine Erfahrung damit“, erinnert sie sich. In Innsbruck hatte die Arbeitsgruppe von Rudolf Grimm drei Jahre zuvor für weltweites Aufsehen gesorgt, war dem Experimentalphysiker doch – zeitgleich mit einer Forschergruppe in Boulder – die erste Erzeugung eines Bose-Einstein-Kondensats aus Molekülen gelungen. Ferlino mailte also an Grimm, um in Tirol, so die gebürtige Italienerin, zwei, drei Monate lang neue Einblicke in die Quantenwelt zu bekommen. Grimm sagte zu, Ferlino kam nach Österreich. Zehn Jahre ist das nun her, den ersten zwei, drei Monaten folgten nochmals drei, dann ein Lise-Meitner-Stipendium. Besonders gefallen habe ihr in Innsbruck die Möglichkeit, eigene Ideen zu entwickeln und sich mit exzellenten Forschern anderer Gruppen auszutauschen. Grimm etwa ermunterte sie, sich Erbium, ein Metall der seltenen Erden, genauer anzuschauen. „Es war high risk, aber wir haben uns gesagt: Probieren wir es.“ Ferlino konnte – dank eines START-Preises bzw. eines ERC Starting Grants – probieren, 2012 gelang ihr der Erbium-Durchbruch. Mit Hilfe von elektromagnetischen Feldern und Lasern wurden rund 70.000 Erbium-Atome in einer Vakuumkammer eingefangen. Bei Temperaturen knapp über dem absoluten Nullpunkt verwandelte sich diese Atom-Wolke in ein magnetisches Bose-Einstein-Kondensat, die Teilchen verloren dabei ihre individuellen Eigenschaften und schwangen alle im gleichen Takt.

## Faszination Erbium

„Erbium ist hochinteressant, man weiß aber noch sehr wenig darüber“, sagt Ferlino, „es ist ein sehr schweres Atom mit vielen Elektronen.“ Zudem besitzt es einen stark magnetischen Charakter, was sich auf die Wechselwirkung der Atome auswirkt: Die Atome beeinflussen sich auch – im Vergleich etwa zu

Cäsium – auf größere Entfernungen. Erbium hat die Quantenforscherin seither nicht mehr losgelassen. 2014 etwa erbrachte sie mit ihrer international besetzten Arbeitsgruppe den ersten experimentellen Nachweis für chaotisches Verhalten von Erbium-Teilchen in Quantengasen. Im Frühjahr 2016 konnte sie – in Kooperation mit dem Theoretiker Peter Zoller – erstmals in einem optischen Gitter die magnetische Wechselwirkung zwischen weit auseinanderliegenden, ultrakalten Teilchen messen. Die Innsbrucker Forscher griffen dabei wieder auf ein im Labor erzeugtes Bose-Einstein-Kondensat aus Erbium-Atomen zurück und luden es in ein dreidimensionales Gitter aus Laserstrahlen, das wie ein künstlicher Kristall aus Licht funktioniert. In diesem simulierten Festkörperkristall ordnen sich die Teilchen wie in einem Eierkarton an. In dem Experiment lagen die Teilchen etwa das Siebenfache der Ausdehnung ihrer Wellenfunktion voneinander entfernt. Ferlino: „Diese Arbeit ist ein weiterer Schritt für ein besseres Verständnis der Materie, denn die Verhältnisse sind hier wesentlich komplizierter als in bisher untersuchten ultrakalten Quantengasen.“

In ihrem Labor am Institut für Quantenoptik und Quanteninformation der österreichischen Akademie der Wissenschaften wird gerade ihr neues Experiment aufgebaut, selbstverständlich spielt Erbium eine wichtige Rolle. „Wir wollen zwei ultrakalte seltene Atome mischen, nämlich Erbium und Dysprosium“, berichtet Ferlino. Mit dieser ersten ultrakalten Mischung will sie noch tiefer in die Welt der magnetischen Wechselwirkungen eintauchen: „Will man Quanteninformation betreiben, geht es auch um das Koppeln von Qubits – und da spielt die Wechselwirkung eine entscheidende Rolle.“ Näher ansehen will sie sich in diesem Zusammenhang eine Idee von Peter Zoller zu sogenannten Rydberg-Atomen, deren äußerstes, sehr weit vom Zentrum entferntes Elektron sich in einem außergewöhnlich hohen Anregungszustand befindet – und die untereinander in sehr starker Wechselwirkung stehen. ah 



**FRANCESCA FERLINO** (geboren 1977) kam nach ihrem Studium in Neapel, Triest und Florenz im Jahr 2006 nach Innsbruck, wo sie seit 2014 als Professorin an der Universität Innsbruck sowie als wissenschaftliche Direktorin am Institut für Quantenoptik und Quanteninformation (IQOQI) tätig ist. Die Trägerin hoher Auszeichnungen und Ehrungen (START-Preis, ERC Starting Grant, Ignaz L. Lieben-Preis etc.) sorgte mit Arbeiten auf dem Gebiet ultrakalter Quantengase international für Aufmerksamkeit. 2013 wurde ihr eine Alexander-von-Humboldt-Professur zuerkannt, die sie zugunsten ihrer Tätigkeit in Innsbruck aber ablehnte. Anfang 2016 erhielt sie zudem einen ERC Consolidator Grant, der mit bis zu zwei Millionen Euro für fünf Jahre dotiert ist.