

Zeitkristalle

Nachweis dieser neuen Materieform ist nun gelungen und wurde in der Fachzeitschrift Nature veröffentlicht.

Es handelt sich bei dem Phänomen um sogenannte Schwingungs- oder Zeitkristalle, die eine atomare Struktur haben, welche sich nicht nur im Raum wiederholt sondern auch in der Zeit, was sie in einen Zustand unaufhörlicher Bewegung versetzt – ohne dabei Energie zu verbrauchen.

Der theoretische Physiker Wilczek hatte damals überlegt, was passiert, wenn der energetisch günstigste Zustand nicht ein Symmetriebruch mit periodischer Ordnung im Raum ist, sondern mit einem regelmäßigen Muster in der Zeit. Schließlich leben wir in der vierdimensionalen Raumzeit.

Es sind sozusagen Objekte, die sich wie ein Uhrzeiger in einem sich immer wiederholenden Muster bewegen.

Sie verbrauchen dabei allerdings keine Energie. Im Gegensatz zu Uhren beziehen Zeitkristalle ihre Bewegung nicht aus gespeicherter Energie, sondern durch einen Bruch in der Symmetrie der Zeit, was ihnen einen besondere Form der endlosen Bewegung ermöglicht, also wie ein Perpetuum mobile.

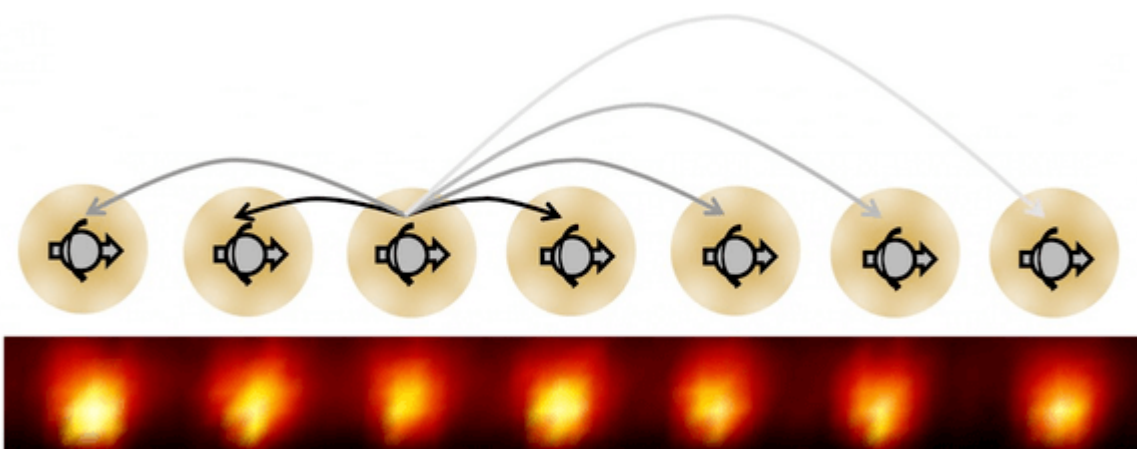


Abbildung 1: Chris Monroe, University of Maryland – Nach einem Entwurf des Physikers Norman Yao von der UC Berkeley machten

Physiker der University of Maryland einen ersten Kristall mit einer eindimensionalen Kette von Ytterbium-Ionen. Jedes Ion verhält sich wie ein Elektronenspin und weist weitreichende Wechselwirkungen auf, die durch die Pfeile angezeigt werden.

In diesem Jahr gelang nun der wissenschaftliche Durchbruch – Forscher um den Physiker Norman Yao von der University of California Berkeley stellten im Detail an Hand einer Art Blaupause vor, wie man diese bizarren Zeitkristalle exakt herstellt und messen kann.

Mit Hilfe dieser Blaupause ist es inzwischen auch zwei weiteren Forschungsteams der Universitäten Maryland und Harvard ebenfalls gelungen diese Zeitkristalle im Labor zu generieren.

Den exakten Vorgaben des Physikers Yao folgend waren sie in der Lage diese völlig neue Art der Materie herzustellen und damit ihre Existenz und die Richtigkeit der Blaupause zu bestätigen.

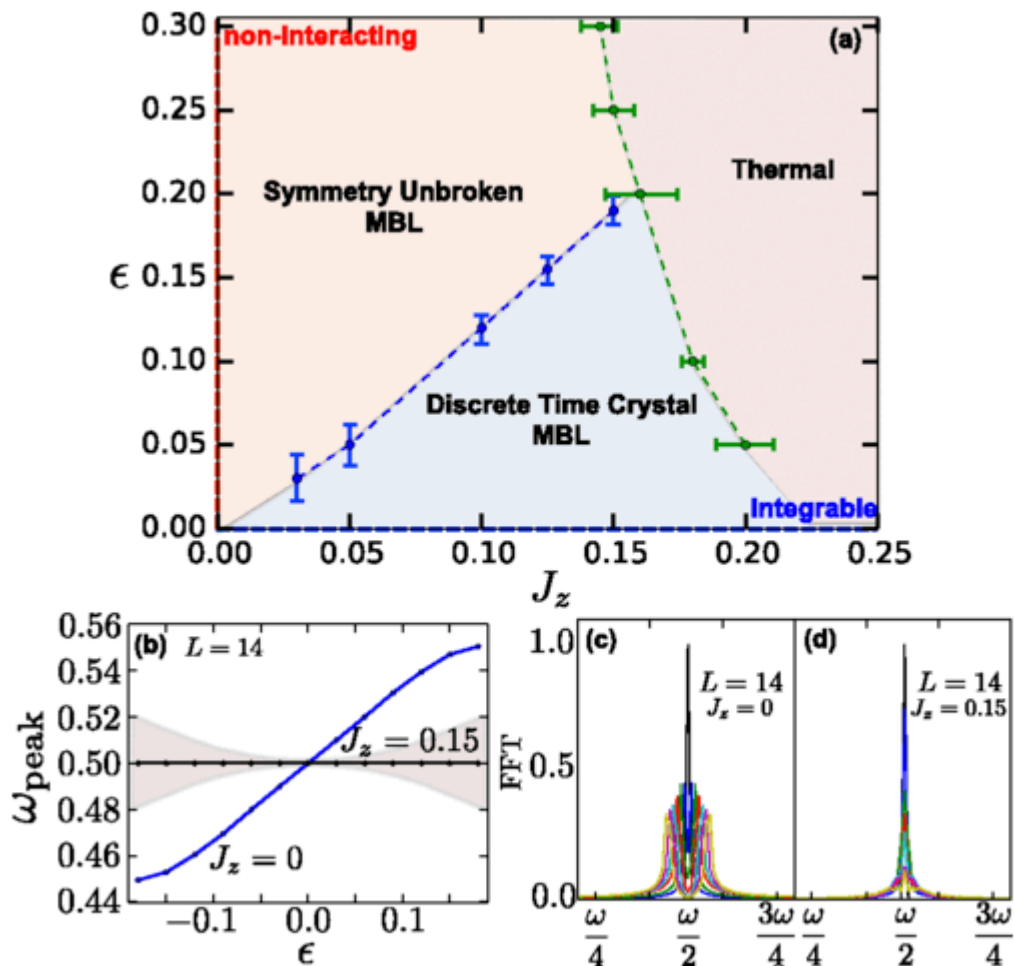


Abbildung 2: (a) Phasendiagramm des diskreten Zeitkristalls als Funktion der Wechselwirkungsstärke J_z und der Impulsfehler ϵ . (b) Zeigt die Lage der subharmonischen Fourier-Spitze als Funktion von ϵ . Im nicht wechselwirkenden Fall ($J_z = 0$) sind die Spitzenspuren $\propto \epsilon$, während im interagierenden Fall ($J_z = 0,15$) die Spitze bei $\omega / 2$ starr verriegelt bleibt. Der rosafarbene Bereich zeigt die FWHM der Basis des $\omega / 2$ -Peaks an. Daten werden bei $L = 14$ mit 102

„Dies ist eine neue Materieform, Punkt! Es ist besonders deshalb schon echt cool, weil es eines der ersten Beispiele für ungleichgewichtige Materie ist.“, sagte der leitende Wissenschaftler

Norman Yao. „Das bemerkenswerte daran ist, dass wir uns seit einem halben Jahrhundert, mit gleichgewichtiger Materie, wie Metallen, und Isolatoren beschäftigt haben. Nun haben wir gerade damit begonnen eine völlig neue Welt zu betreten. Die Welt der ungleichgewichtigen Materie. Dies ist der Beginn eines neuen Zeitalters.“

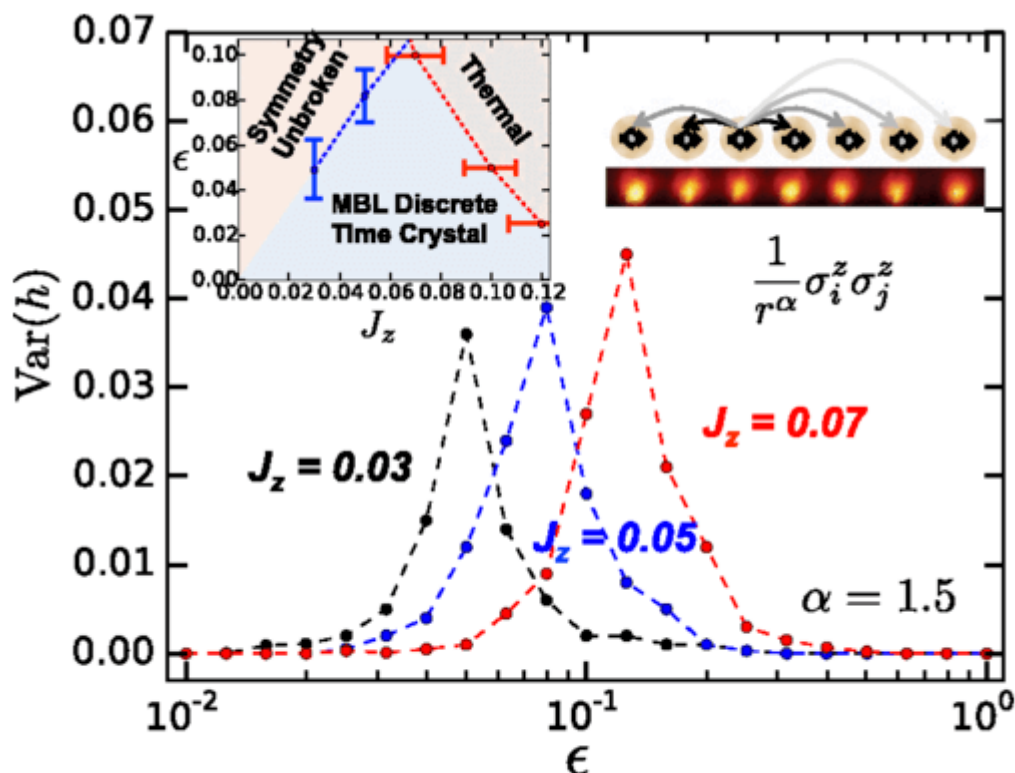


Abbildung 3: Gefangenes Ion, diskretes Zeitkristall (DTC) – Varianz der $\omega / 2$ Fourier-Maximal-Größe als Funktion von ϵ für Potenzgesetz Ising-Wechselwirkungen mit $\alpha = 1,5$ und $L = 10$. Der obere rechte Einschub zeigt eine schematische Darstellung einer eindimensionalen Kette gefangener Ionen, die über weitreichende Potenzgesetzwechselwirkungen interagieren. Der obere linke Einschub zeigt das DTC-Phasendiagramm für $\alpha = 1,5$.

Was Zeitkristalle sind, können wir uns am besten wie folgt vorstellen:

Stell Dir normale Kristalle vor. Sie haben eine atomare

Struktur, welche sich im Raum wiederholt. Dies ist genau wie das Kohlenstoffgitter eines Diamanten. Allerdings sind sie bewegungslos, weil sie in ihrem Grundzustand im Gleichgewicht sind.

Normalerweise, wenn Materie im Grundzustand ist, auch Null-Punkt Energie eines Systems genannt, bedeutet es, dass eine innerliche Bewegung oder Schwingung seiner atomaren Struktur theoretisch unmöglich ist. Dies liegt daran, dass dafür Energie aufgewendet werden müsste, um diesen Zustand zu verlassen.

Auf die Zeitkristalle trifft dies nicht zu. Sie haben eine Struktur, welche sich in der Zeit wiederholt, nicht im Raum. Und ihr Grundzustand ist der einer Schwingung. Das ist völlig neu und bahnbrechend.

Es ist, als wäre ihre Materie und Struktur in einer Zeitschleife eingebettet, die sich kontinuierlich selbst wiederholt. Es hat den Anschein, als würden sich die Zeitkristalle ohne Energie bewegen, während sie immer wieder neu entstehen.

Das ist schwierig zu verstehen, da man hier vierdimensional denken muss. Stell es Dir wie einen Wackelpudding vor, wenn man den antippt, bewegt er sich und fängt an zu schwingen. Das Gleiche passiert mit Zeitkristallen, der große Unterschied ist hier, dass die Bewegung ohne Energie erfolgt.

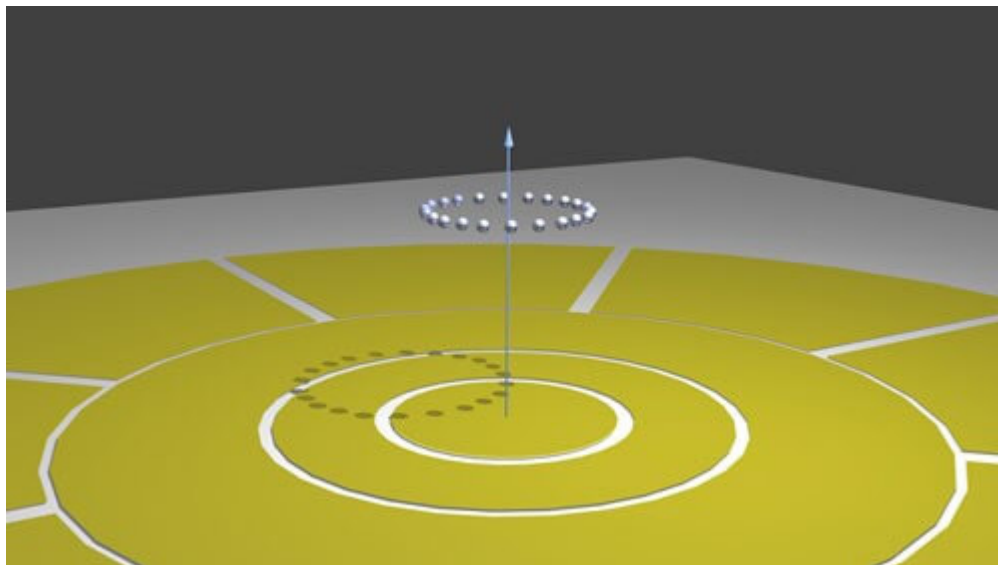


Abbildung 4: Grafische Illustration des an der UC-Berkely geplanten Experiments zu Erzeugung eines Zeitkristalls. | Copyright/Quelle: Hartmut Häffner / simonsfoundation.org

Ein Zeitkristall ist ein konstant schwingender Wackelpudding, dessen natürlicher Grundzustand die Schwingung ist. Dadurch macht es ihn zu einer komplett neuen Form der Materie. Die ungleichgewichtige Materie. Sie kann nicht stillsitzen, sie kann nicht unbewegt sein.

Yao und sein Team haben neben der detaillierten Blaupause, in dem sie genau beschreiben wie man einen Zeitkristall herstellt und wie man dessen Eigenschaften misst, auch eine Möglichkeit gefunden die verschiedenen Phasen eines Zeitkristalls vorher zuzusagen. Das bedeutet, sie haben die Äquivalente für den festen, flüssigen und gasförmigen Zustands der neuen Materie vorausgesagt.

Der Forscher Yao sagt, dass die Vorstellung sehr komisch ist, dass man eine Substanz, bzw. Materie hat, eben den Wackelpudding, der nach dem man ihn antippt erst zu irgendeinem anderen späteren Zeitpunkt mit einer Zustandsänderung darauf reagiert. Das Verhalten ist intuitiv nicht zu verstehen und ähnlich verblüffend wie das einer Wippe, deren eines Ende lediglich einmal hochsaust, obwohl man das andere viermal heruntergedrückt hat.

Mit dem Nachweis von Zeitkristallen muss das bisherige Verständnis von Raum und Zeit grundsätzlich in Frage gestellt werden. Sie untermauern die Vermutung auch des Vorhandenseins von freier Energie.

– Entschlüssler: D.Broers , Danke