

Medieninformation der Universität Innsbruck

21. Juni 2018

Einfach schön: Symmetrie führt zu neuer Formel

Der Traum eines Wissenschaftlers, die komplexe Wirklichkeit in einer möglichst einfachen Gesetzmäßigkeit auszudrücken, ist für den Doktoranden Christoph Dittel in Erfüllung gegangen. Er hat mit einem Team am Institut für Experimentalphysik der Universität Innsbruck und Kollegen in Freiburg und Paris eine mathematische Formel gefunden, die alle Fälle von totaler destruktiver Interferenz mehrerer Quantenteilchen beschreibt.

Vor über drei Jahrzehnten haben Chung-Ki Hong, Zhe-Yu Ou und Leonard Mandel mit einem einfachen Experiment die nie zuvor beobachtete quantenmechanische Interferenz zweier Lichtteilchen demonstriert. Der nach den Wissenschaftlern benannte Hong-Ou-Mandel-Effekt tritt auf, wenn zwei ununterscheidbare Photonen auf je einen Eingang eines Strahlteilers treffen. Die Photonen tauchen dabei immer an einem der beiden Ausgänge gemeinsam auf. Nie beobachtet wird hingegen, dass an beiden Ausgängen je ein Photon zu finden ist. Dieser auf den Welleneigenschaften von Quantenteilchen beruhende Auslöschungseffekt wird als totale destruktive Interferenz bezeichnet. In den vergangenen Jahren wurde dieses Phänomen in anderen physikalischen Systemen und auch für mehr als zwei Teilchen nachgewiesen. Es stellt heute ein Schlüsselkonzept für viele quantenphysikalische Experimente dar. So basiert etwa der Entwurf eines optischen Quantencomputers auf der Ausnutzung dieses Effekts. „Die totale destruktive Interferenz liefert uns einen wichtigen Baustein für viele theoretische Modelle und experimentelle Aufbauten“, sagt Christoph Dittel vom Institut für Experimentalphysik der Universität Innsbruck. Was bis heute fehlte, war eine allgemeine mathematische Beschreibung dieses Phänomens für eine beliebige Teilchenzahl in beliebig großen quantenphysikalischen Systemen.

Ein Blick für Symmetrien

Zahlreiche Beschreibungen von Einzelfällen und einige Versuche von Verallgemeinerungen hatte es bereits gegeben, als Christoph Dittel während seines Doktoratsstudiums in der Arbeitsgruppe des Photonikers Gregor Weihs begonnen hat, sich mit dem Thema zu beschäftigen. Der gelernte Zimmerer aus der Nähe von Bad Tölz,

Rückfragehinweis:

Christoph Dittel
Institut für Experimentalphysik
Universität Innsbruck
Telefon: +43 512 507 52566
E-Mail: christoph.dittel@uibk.ac.at
Web:

<https://www.uibk.ac.at/expphys/photonik/>

Christian Flatz
Büro für Öffentlichkeitsarbeit
Universität Innsbruck
Telefon: +43 512 507 32022
Mobil: +43 676 872532022
E-Mail: christian.flatz@uibk.ac.at
Web: <https://www.uibk.ac.at/>
Twitter: [@christianflatz](https://twitter.com/christianflatz)

der im zweiten Bildungsweg an der Universität Innsbruck Physik studierte, beschäftigte sich zunächst mit der Vielteilcheninterferenz in Hyperwürfeln. Diese vieldimensionalen Würfel lenkten seinen Blick auf die Bedeutung der Symmetrie bei der Betrachtung von Interferenzen. Dies erwies sich schließlich auch als Schlüssel zu einer allgemeingültigen Beschreibung der totalen destruktiven Interferenz von mehreren Quantenteilchen. Während Christoph Dittel sich am Telefon mit seiner Mutter über das Wetter unterhielt, fiel ihm schließlich die Lösung ein, mit der alle möglichen Fälle beschrieben werden können. Er beendete das Gespräch rasch und brachte den formalen Zusammenhang auf Papier. „Wir konnten zeigen, dass in der neuen Formel alle bisher gefundenen Speziallösungen enthalten sind“, erzählt der DOC-Stipendiat der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Das Gesetz beschreibt nicht nur die Interferenz von einfachen Teilchen, sondern ist auf beliebige reine Quantenzustände wie verschränkte, überlagerte oder kohärente Zustände anwendbar. Besonders interessant: „Aus den Symmetrien eines Systems lässt sich nun sehr einfach bestimmen, welche totalen destruktiven Interferenzen in dem jeweiligen System auftreten können.“ Dittel und sein Team konnten aus der Formel auch ableiten, dass entgegen dem Glauben vieler Physiker solche Auslöschungen auch in Systemen auftreten, die aus paarweise ununterscheidbaren Teilchen bestehen. „Es ist nur die Austauschsymmetrie der Teilchen, die hier gegeben sein muss“, sagt Christoph Dittel.

In der Einfachheit liegt die Schönheit

Mit der Formulierung dieses Gesetzes ist es dem Nachwuchswissenschaftler gelungen, einen komplexen Zusammenhang mathematisch sehr einfach darzustellen. „Das hatten einige Leute schon seit über zehn Jahren versucht und bisher nur kleinere Fortschritte für bestimmte Fälle erzielt“, zeigt sich Arbeitsgruppenleiter Gregor Weihs erfreut. Für Christoph Dittel liegt die Schönheit gerade in der Einfachheit: „Analytische Gleichungen, die einen komplexen Zusammenhang sehr einfach beschreiben, haben etwas sehr Schönes. Das ist eigentlich der Grund, warum ich diese Arbeit mache.“ Mit der neuen Formel erleichtert er nicht nur vielen Experimentalphysikern das Leben im Labor, sondern eröffnet auch den Weg zu einem besseren Verständnis von Vielteilcheninterferenz.

Die neue mathematische Beschreibung wurde in zwei Arbeiten in den Fachzeitschriften *Physical Review Letters* und *Physical Review A* veröffentlicht. Finanziell unterstützt wurde das Forschungsteam unter anderem vom österreichischen Wissenschaftsfonds FWF, der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und der Europäischen Union.

Publikationen:

Totally Destructive Many-Particle Interference. Christoph Dittel, Gabriel Dufour, Mattia Walschaers, Gregor Weihs, Andreas Buchleitner, and Robert Keil. *Phys. Rev. Lett.* 120, 240404
DOI: 10.1103/PhysRevLett.120.240404

Totally destructive interference for permutation-symmetric many-particle states. Christoph Dittel, Gabriel Dufour, Mattia Walschaers,

