

Medieninformation der Universität Innsbruck

15. Oktober 2018

SPERRFRIST: 15. Oktober 2018, 17:00 Uhr MESZ

Physik: Nicht immer ist alles dort, wo es zu sein scheint

Wissenschaftler der TU Wien, der Universität Innsbruck und der ÖAW haben erstmals einen Welleneffekt nachgewiesen, der zu Messfehlern bei der optischen Positionsbestimmung von Objekten führen kann. Die nun in der Zeitschrift Nature Physics veröffentlichte Arbeit könnte Konsequenzen für die Lichtmikroskopie haben, aber auch bei der Positionsbestimmung mit Hilfe von Schall, Radar- oder Gravitationswellen eine Rolle spielen.

Mit modernen optischen Bildgebungsverfahren lassen sich heute selbst Nanoobjekte gut vermessen. Diese Techniken werden im Labor zum Beispiel auch dazu verwendet, die räumliche Positionierung von Atomen in einem Quantenexperiment zu bestimmen. „Wir wollen die Position unserer Quantenbits sehr genau kennen, damit wir diese mit Lasern manipulieren und messen können“, erklärt Gabriel Araneda vom Institut für Experimentalphysik der Universität Innsbruck. In einer Kooperation von Physikern der TU Wien um Arno Rauschenbeutel (seit kurzem Alexander von Humboldt-Professor an der Humboldt-Universität zu Berlin) und Forschern der Universität Innsbruck und des ÖAW-Instituts für Quantenoptik und Quanteninformation um Rainer Blatt wurde nun nachgewiesen, dass es zu einem systematischen Messfehler kommen kann, wenn die Position eines Objekts bestimmt wird, das elliptisch polarisiertes Licht aussendet. „Die elliptische Polarisation erzeugt eine spiralförmige Wellenfront des Lichts, die leicht schief auf die Abbildungsoptik fällt. Dadurch entsteht der Eindruck, die Quelle des Lichts liege etwas abseits seiner tatsächlichen Position“, erklärt Yves Colombe aus dem Team von Rainer Blatt. Relevant könnte dies zum Beispiel in der biomedizinischen Forschung sein, wo zur Bestimmung von biologischen Strukturen fluoreszierende Proteine oder Nanoteilchen als Marker verwendet werden. Der nun nachgewiesene Effekt würde hier zu einem verzerrten Abbild der tatsächlichen Strukturen führen.

Jede Art von Wellen könnte dieses Verhalten zeigen

Bereits vor über 80 Jahren hat der Physiker Charles G. Darwin, ein Enkel des britischen Naturforschers Charles Darwin, diesen Effekt vorhergesagt. Mehrere theoretische Arbeiten hatten dessen Vermutung inzwischen theoretisch untermauert. Nun ist es erstmals gelungen, den

Rückfragehinweis:

Gabriel Araneda
Institut für Experimentalphysik
Universität Innsbruck
Telefon: +43 512 507 52472
E-Mail: Gabriel.Araneda-Machuca@uibk.ac.at
Web: <https://quantumoptics.at>

Stefan Walser
Atominstitut
Telefon: +43 1 58801 141723
E-Mail: stefan.walser@tuwien.ac.at
Web: <http://nanofiber.at>

Christian Flatz
Büro für Öffentlichkeitsarbeit
Universität Innsbruck
Telefon: +43 512 507-32022
E-Mail: christian.flatz@uibk.ac.at
Web: <https://www.uibk.ac.at>

Welleneffekt im Experiment eindeutig nachzuweisen, und das gleich zweimal: An der Universität Innsbruck ermittelten die Physiker die Position eines einzelnen Bariumatoms, das in einer Ionenfalle gefangen war, durch Einzelphotonenemission. Die Physiker am Atominstitut der TU Wien bestimmten die Position eines winzigen, etwa 100 Nanometer großen Goldkugelchens, in dem sie das von ihm gestreute Licht analysierten. In beiden Fällen zeigte sich eine Differenz zwischen der beobachteten und der tatsächlichen Position der Teilchen. „Die Abweichung ist von der Größenordnung der Wellenlänge des Lichtes, was in vielen Anwendungen einem erheblichen Messfehler entsprechen würde“, sagt Stefan Walser aus dem Team von Arno Rauschenbeutel. „Die hochauflösende Lichtmikroskopie zum Beispiel ist heute bereits weit in den Nanometerbereich vorgedrungen, während dieser Effekt zu Fehlern von mehreren 100 Nanometern führen kann.“ Dass dieser grundlegende systematische Fehler in diesen Anwendungen eine Rolle spielt, halten die Wissenschaftler für sehr wahrscheinlich, muss aber erst noch in eigenen Studien belegt werden. Die Forscher gehen auch davon aus, dass sich dieser Effekt nicht nur bei Lichtquellen zeigt, sondern dass zum Beispiel auch Radar- oder Sonarmessungen davon betroffen sind. Selbst bei der Positionsbestimmung von astronomischen Objekten mit Hilfe von Gravitationswellen könnte dieser Effekt eine Rolle spielen.

Erschienen ist die Arbeit in der Fachzeitschrift Nature Physics. Die Forschungen wurden unter anderem vom österreichischen Wissenschaftsfonds FWF, der Europäischen Union und der Industriellenvereinigung Tirol finanziell unterstützt.

Publikation: Wavelength-scale errors in optical localization due to spin-orbit coupling of light. G. Araneda, S. Walser, Y. Colombe, D. B. Higinbottom, J. Volz, R. Blatt, and A. Rauschenbeutel. Nature Physics 2018 DOI: 10.1038/s41567-018-0301-y