

FORSCHUNG KOMPAKT

FORSCHUNG KOMPAKT

3. Januar 2022 || Seite 1 | 3

Quantenimaging

Die Grenzen der Optik verschieben

Quantenmechanisch verschränkte Lichtteilchen überwinden die Grenzen der klassischen Optik und erlauben Einblicke in bislang unsichtbare Wellenlängenbereiche. Damit bieten sie neue Möglichkeiten für Bildgebungsverfahren, Mikroskopie und Spektroskopie. Diese zu eruieren und technologische Lösungen zu erarbeiten, war Ziel des Fraunhofer-Leitprojekts QUILT. Die Ergebnisse aus dem Projekt liegen nun vor.

Licht hat erstaunliche Fähigkeiten. So lassen sich Lichtteilchen, Photonen genannt, bei ihrer Erzeugung miteinander verschränken und damit nicht nur über große Distanzen, sondern auch über verschiedene Wellenlängenbereiche hinweg untrennbar in ihren Eigenschaften miteinander verbinden. Diese verschränkten Photonen sind die Werkzeuge der Fraunhofer-Forschenden im Projekt »QUILT- Quantum Methods for Advanced Imaging Solutions«. Sie nutzen sie, um quantenoptische Lösungen für bisher schwer zugängliche Wellenlängenbereiche zu entwickeln. Denn diese liefern uns – neben dem Licht im sichtbaren Spektrum – wertvolle Informationen: Mit kurzwelliger Ultraviolett-Strahlung können zum Beispiel kleinste Strukturen in Zellen sichtbar gemacht werden. Infrarotstrahlung gibt Aufschluss über schädliche Gase in der Luft oder die Zusammensetzung von Kunststoffen. Und langwellige Terahertz-Strahlung erlaubt es, die Dicke von Lack- und Farbschichten genau zu bestimmen. Entsprechend groß ist das Potenzial in der biomedizinischen Diagnostik, der Materialprüfung oder der Prozess- und Umweltanalytik. Nur ist es wesentlich aufwändiger, solche Lichtwellen zu erzeugen und zu detektieren, als bei Bildgebungsverfahren für sichtbare Bereiche.

Neues Detektionsprinzip für verschiedene Methoden

Vier Jahre lang haben Forscherteams aus sechs Fraunhofer-Instituten gemeinsam mit externen Organisationen, begleitet von einem Beirat aus Wirtschaft und Wissenschaft, daran getüftelt, die verschränkten Photonenpaare in verschiedenen Messmethoden der Bildgebung, Spektroskopie und Metrologie zu nutzen, um Unsichtbares sichtbar zu machen. Das grundlegende Prinzip: Während ein Photon eine kamerataugliche Wellenlänge hat, ist das andere für die Wechselwirkung mit dem Untersuchungsobjekt im unsichtbaren Bereich maßgeschneidert. Durch die Verschränkung, die Einstein auch »spukhafte Fernwirkung« nannte, wird die vom zweiten Photon aufgenommene Information auf das erste übertragen und damit für die Kamera sichtbar gemacht.

Kontakt

Roman Möhlmann | Fraunhofer-Gesellschaft, München | Kommunikation | Telefon +49 89 1205-1333 | presse@zv.fraunhofer.de

Desiree Haak | Fraunhofer-Institut für Optik und Feinmechanik IOF | +49 3641 807 - 803 | Albert-Einstein-Strasse 7 | 07745 Jena | www.iof.fraunhofer.de | desiree.haak@iof.fraunhofer.de

Holger Kock | Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik | +49 761 8857-129 | Georges-Köhler-Allee 301 | 79110 Freiburg | www.ipm.fraunhofer.de | holger.kock@ipm.fraunhofer.de

In dem Projekt leisteten die Partner wichtige Pionierarbeit für die wissenschaftliche und technische Entwicklung dieses noch neuen Gebiets. Die wichtigsten Ergebnisse ihrer Arbeit: Zum ersten Mal wurde das neue Detektionsprinzip für die Terahertz-Strahlung umgesetzt. Dies könnte künftig zum Beispiel bessere Untersuchungsmöglichkeiten von Materialien erlauben. Es wurde ein quantenoptisches Pendant zum klassischen Fourier-Transform-Spektrometer (FTIR) für die Infrarotspektroskopie entwickelt, wie es unter anderem in der Prozessanalytik etwa zum Untersuchen von Gasproben zum Einsatz kommt. Zudem entstand das weltweit erste Video durch Bildgebung mit nicht detektiertem Licht sowie das weltweit erste 2D-Bild, das mit sogenanntem Quanten Ghost Imaging mit asynchroner Detektion festgehalten und rekonstruiert wurde. Vor allem das Ghost Imaging eignet sich für biologische und medizinische Anwendungen, wo lichtempfindliche Zellproben über einen längeren Zeitraum beobachtet werden können, weil bei dem neuen Verfahren weniger Licht zum Einsatz kommt. Das kann in der Praxis zu einer verbesserten Diagnostik beitragen.

Grundstein für Industrieranwendungen

Aus dem Projekt resultieren sieben eingereichte und erteilte Patente, vielbeachtete wissenschaftliche Publikationen sowie Demonstratoren für die quantenbasierte Bildgebung, Spektroskopie und optische Tomographie. Mit ihnen wollen die Forschenden auch weiterhin gemeinsam mit Industriepartnern neue nichtklassische Anwendungsfelder für die quantenbasierten Methoden erkunden. Interessant sind besonders innovative Industriezweige wie Umwelttechnologien und Medizintechnik. Für den wichtigen Austausch in der internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft hat das QUILT-Konsortium 2018 eine jährliche Seminarreihe initiiert, die inzwischen als »Sensing with Quantum Light« die führende Plattform in dem Fachgebiet ist.

Am Fraunhofer-Leitprojekt QUILT waren beteiligt:

- Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF
- Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM
- Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT
- Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS
- Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB
- Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM

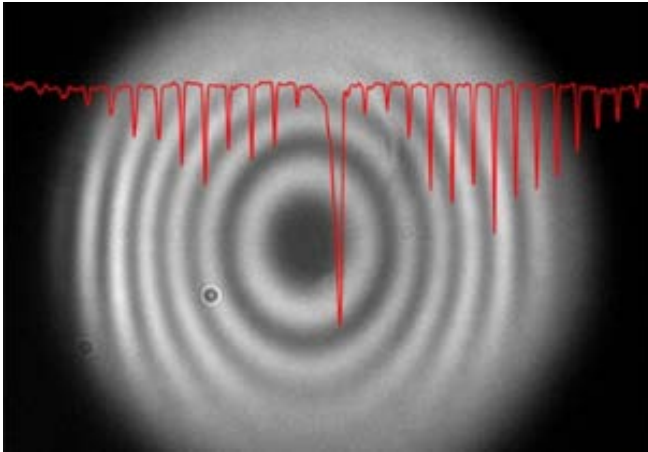


Abb. 1 Unsichtbares sichtbar gemacht: Mit Hilfe von verschränkten Photonen und Interferenzeffekten können Infrarotspektren von Molekülen (hier: Methan) von Kameras registriert werden, die nur sichtbares Licht detektieren können.

© Fraunhofer IPM

FORSCHUNG KOMPAKT

3. Januar 2022 || Seite 3 | 3
