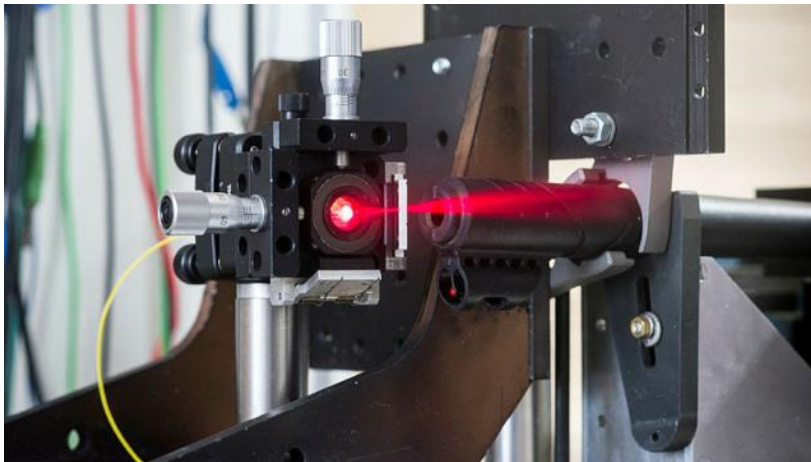


Science: Optische Distanzmessung mit Rekordgeschwindigkeit

Mit Solitonen-Frequenzkämme aus optischen Mikrochips lassen sich 100 Millionen hochgenaue Distanzmessungen pro Sekunde durchführen – Veröffentlichung in der Fachzeitschrift *Science*



Demonstrationsaufbau einer ultraschnellen Distanzmessung: Der Lauf eines Luftgewehrs ist fest eingespannt und der beim eigentlichen Versuch unsichtbare Laserstrahl wird auf die Flugbahn der abgefeuerten Projektile ausgerichtet. (Foto: Laila Tkotz, KIT)

Mit einer neuen Messmethode hat ein Forscherteam am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) gemeinsam mit Kollegen der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne (EPFL) die bislang schnellste Entfernungsmessung demonstriert. Den Forschern gelang es, das Profil einer Gewehrkugel im Flug mikrometergenau zu bestimmen. Sie nutzten dazu erstmals einen Solitonen-Frequenzkamm, der mittels eines Mikroresonators auf einem optischen Chip erzeugt wurde. Eine mögliche Anwendung sind echtzeitfähige 3-D-Kameras auf Basis hochpräziser und kompakter LIDAR-Systeme. Ihre Ergebnisse stellen sie nun in *Science* vor. DOI: [10.1126/science.aao3924](https://doi.org/10.1126/science.aao3924)

Die Entfernungsmessung mit Hilfe von Lasern ist seit Jahrzehnten eine etablierte Methode, die meist unter dem Begriff LIDAR (*Laser-based light detection and ranging*) bekannt ist. Optische Distanzmessverfahren halten heute Einzug in vielfältige neue Anwendungen, beispielsweise die Navigation von autonom fliegenden Objekten wie Drohnen oder Satelliten oder die

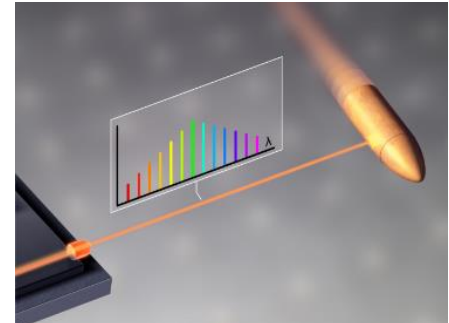
Monika Landgraf
Pressesprecherin,
Leiterin Gesamtkommunikation

Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe
Tel.: +49 721 608-47414
Fax: +49 721 608-43658
E-Mail: presse@kit.edu

Weiterer Pressekontakt:

Martin Heidelberg
Redakteur/Pressereferent
Tel.: +49 721 608-21169
martin.heidelberg@kit.edu

Prozesskontrolle in intelligenten Fabriken. Diese neuen Anwendungen stellen komplexe Anforderungen an die Geschwindigkeit, die Genauigkeit und die Größe von optischen Distanzmesssystemen. Ein Verbund aus zwei Forscherteams rund um Professor Christian Koos am Institut für Photonik und Quantenelektronik (IPQ) des KIT und Professor Tobias Kippenberg an der ETH Lausanne (EPFL) hat diese Herausforderung angenommen. Die Wissenschaftler arbeiten zurzeit an einem ultraschnellen und hochgenauen LIDAR-Konzept, welches eines Tages in einer Streichholzschachtel Platz finden soll. Die Grundlagen hierfür haben sie nun in der Fachzeitschrift *Science* vorgestellt. Die Leistungsfähigkeit ihres Ansatzes demonstrierten die Forscher mit einer Geschwindigkeit von 150 Meter pro Sekunde bewegte. „Mit unserem Verfahren konnten wir die Oberflächenstruktur des Projektils im Flug mikrometergenau abtasten“, sagt Philipp Trocha, einer der Hauptautoren der Studie. „Dazu wurden 100 Millionen Distanzwerte pro Sekunde aufgenommen – das ist die schnellste Entfernungsmessung, die jemals durchgeführt wurde.“



Grafische Darstellung des Messvorgangs mit einem Laserstrahl an einer Geschwindigkeit von 150 Meter pro Sekunde. (Grafik: Christian Grupe, Philipp Trocha, KIT)

Möglich wurde die Demonstration durch eine neuartige, an der EPFL entwickelte Lichtquelle, mit deren Hilfe ein optischer Frequenzkamm erzeugt werden kann. Die breitbandigen Frequenzkämme entstehen in optischen Mikroresonatoren. Dabei handelt es sich um winzige kreisrunde Strukturen, in die Licht aus einer Laserquelle eingespeist wird. In diesen Mikroresonatoren entstehen aus dem kontinuierlich zugeführten Laserlicht Solitonen, spezielle „Wellenpakete“, die einen regelmäßigen Zug aus ultra-kurzen optischen Pulsen bilden und damit ein breitbandiges Spektrum an Wellenlängen besitzen.

Die eingesetzten Mikroresonatoren wurden an der EPFL hergestellt, wo optische Strukturen aus Siliziumnitrid erforscht werden. „Wir haben äußerst verlustarme optische Mikroresonatoren entwickelt, in denen sich sehr hohe optische Intensitäten erzeugen lassen – eine Grundvoraussetzung für die Solitonen-Frequenzkämme“, sagt Professor Tobias Kippenberg von der EPFL, „diese Frequenzkämme haben in den letzten Jahren rasant an neuen Einsatzmöglichkeiten gewonnen“.

Die Forscher kombinieren bei ihren Arbeiten Erkenntnisse aus verschiedenen Bereichen. „Wir haben uns in den letzten Jahren intensiv mit Verfahren zur ultra-schnellen Terabit-Kommunikation mit Solitonen-Frequenzkämmen aus Mikroresonatoren befasst“, erklärt Christian Koos vom KIT. „Diese Erfahrungen haben wir hier auf eines unserer anderen Forschungsgebiete übertragen – die optische Distanzmessung.“ Im Rahmen einer gemeinsam im Jahr 2017

publizierten Arbeit im Fachjournal *Nature* gelang es den beiden Forschungsgruppen bereits, Solitonen aus Mikroresonatoren zur optischen Telekommunikation einzusetzen. Grundsätzlich handelt es sich bei optischen Frequenzkämmen um Licht, das eine Vielzahl präzise definierter Wellenlängen beinhaltet – das Spektrum erinnert in einem Diagramm dargestellt an die Zinken eines Kammes. Kennt man die Struktur eines solchen Kammes, dann kann das Interferenzmuster bei der Überlagerung mit einem zweiten Frequenzkamm genutzt werden, um die vom Licht zurückgelegte Strecke zu bestimmen. Je breitbandiger die eingesetzten Frequenzkämme dabei sind, umso genauer kann die Distanz gemessen werden.

Ihren Versuch mit der Gewehrkegel sehen die Wissenschaftler als eine erste Demonstration der neuen Messmethode. Präzision und Geschwindigkeit der Rekordmessung stehen als wichtiger Meilenstein für sich, doch dabei soll es nach ihrer Vorstellung nicht bleiben. „Wir müssen zwar noch viele Schwierigkeiten überwinden, aber unser Ziel ist ganz klar ein einsatzfähiger Demonstrator“, erklärt Denis Ganin vom KIT, ebenfalls ein Hauptautor der Studie. Beispielsweise ist die Reichweite des Verfahrens bisher auf typische Distanzen von unter einem Meter begrenzt. Des Weiteren generiert die Messung eine Datenflut, deren Echtzeitauswertung Standardprozessoren überfordert. Der Fokus liegt vor allem auf einem möglichst kompakten Design – der Sensor soll nicht nur hochgenaue Messergebnisse liefern, sondern gleichzeitig auch nicht viel größer als eine Streichholzschachtel sein. Die Mikroresonatoren sind bereits kommerziell bei der Firma LIGENITEC erhältlich, einem Spin-off Unternehmen der EPFL, welches sich auf die Herstellung von optischen Mikrochips aus Siliziumnitrid spezialisiert hat.

Für einen solchen Sensor gebe es eine ganze Palette von Einsatzmöglichkeiten, erklärt Denis Ganin. So könnten die Produkte einer digitalen Fabrik noch in der Fertigungsstraße hochgenau auf Fehler untersucht werden, während heute die Prüfung allenfalls bei Stichproben möglich ist und für ein einzelnes Teil mehrere Stunden in Anspruch nehmen kann. Leistungsstarke 3-D-Kameras wären mit dem neuen LIDAR-Konzept ebenfalls denkbar und könnten in Zukunft für autonome Navigation auf vielen Feldern Anwendung finden.

Philipp Trocha, Maxim Karpov, Denis Ganin, Martin H. P. Pfeiffer, Arne Kordts, Stefan Wolf, Jonas Krockenberger, Pablo Marin-Palomo, Claudius Weimann, Sebastian Randel, Wolfgang Freude, Tobias J. Kippenberg, Christian Koos: *Ultrafast Optical Ranging Using Microresonator Soliton Frequency Combs*. DOI: 10.1126/science.aao3924

Als „Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft“ schafft und vermittelt das KIT Wissen für Gesellschaft und Umwelt. Ziel ist es, zu den globalen Herausforderungen maßgebliche Beiträge in den Feldern Energie, Mobilität und Information zu leisten. Dazu arbeiten rund 9 300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf einer breiten disziplinären Basis in Natur-, Ingenieur-, Wirtschafts- sowie Geistes- und Sozialwissenschaften zusammen. Seine 26 000 Studierenden bereitet das KIT durch ein forschungsorientiertes universitäres Studium auf verantwortungsvolle Aufgaben in Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft vor. Die Innovationstätigkeit am KIT schlägt die Brücke zwischen Erkenntnis und Anwendung zum gesellschaftlichen Nutzen, wirtschaftlichen Wohlstand und Erhalt unserer natürlichen Lebensgrundlag

Das KIT ist seit 2010 als familiengerechte Hochschule zertifiziert.

Diese Presseinformation ist im Internet abrufbar unter:
www.sek.kit.edu/presse.php

Das Foto steht in der höchsten uns vorliegenden Qualität auf www.kit.edu zum Download bereit und kann angefordert werden unter: presse@kit.edu oder +49 721 608-47414. Die Verwendung des Bildes ist ausschließlich in dem oben genannten Zusammenhang gestattet.