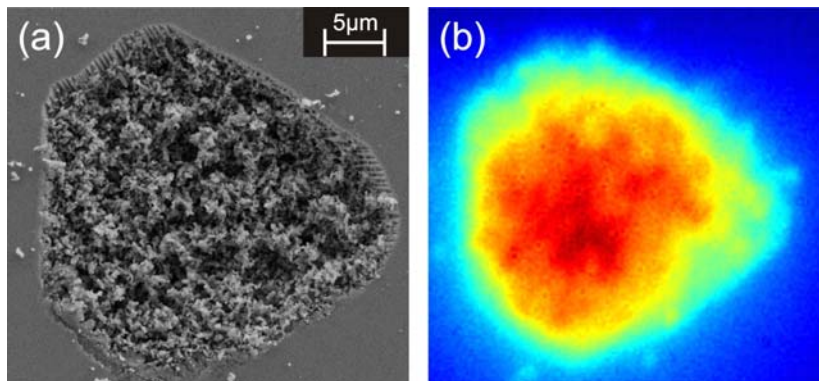


## Geheimnis des Zufallslasers gelüftet

Stärke des Lichteinschlusses lässt sich in nanokristallinen Pulvern aus Zinkoxid nachweisen



Zinkoxid-Nanokristalle unterm Elektronenmikroskop (li.).  
Optisch angeregt emittiert das Pulver Laserlicht (re.) (Bilder: LEM / Angew. Physik)

So genannte Zufallslaser (engl.: Random Laser) sind ein spannendes Gebiet aktueller Laserforschung. Mit technologisch sehr einfach herzustellenden und billigen Materialien (Pulvern) wird eine – für Laser untypische – räumlich breit gefächerte Emission von Laserlicht erreicht. Dem genauen Mechanismus dieser ungewöhnlichen Art der Laseremission kamen jetzt Physiker des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) auf die Spur. Ihre Ergebnisse wurden in der Maiausgabe der angesehenen Fachzeitschrift *Nature Photonics* veröffentlicht (*Nature Photonics* 3, 279 (2009)).

Zwei essentielle Bausteine bilden einen Laser: ein Medium, das in der Lage ist, Licht zu verstärken und eine Struktur, die das Licht möglichst lange in diesem Medium hält. In konventionellen Lasern wird diese Struktur typischerweise durch eine aus möglichst perfekten Spiegelpaaren aufgebaute Resonatorstruktur erreicht. Der Resonator führt das Licht auf einem präzise vorgegebenen und in sich geschlossenen Strahlengang, wodurch sich das Licht speichern lässt.

Dr. Elisabeth Zuber-Knost  
Pressesprecherin

Kaiserstraße 12  
76131 Karlsruhe  
Tel.: +49 721 608-7414  
Fax: +49 721 608-3658

### Weiterer Kontakt:

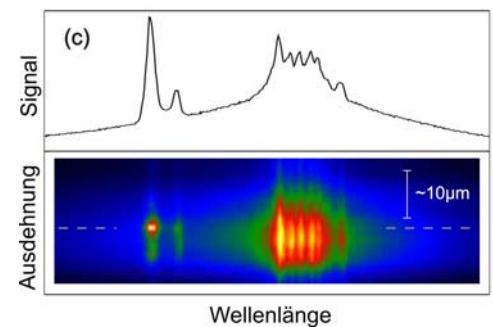
Monika Landgraf  
Pressestelle  
Tel.: +49 721 608 8126  
Fax: +49 721 608 3658  
E-Mail: monika.Landgraf@kit.edu

Einen grundsätzlich anderen Ansatz zur Realisierung eines Lasers verfolgen Wissenschaftler in einem Zufallslaser. Hier wird das Licht (meist an den Körnchen in einem Pulver) entlang zufälliger Pfade gestreut. Bei ausreichend starker Streuung lässt sich dabei das Licht in einem beschränkten räumlichen Bereich einfangen. Diese Lokalisierung von Licht untersuchen Wissenschaftler der KIT-Arbeitsgruppe Halbleiteroptik und Photonik von Professor Heinz Kalt und Professor Claus Klingshirn in Pulvern aus Nano-Kristallen.

Die verwendeten Nano-Kristalle bestehen aus dem Halbleiter Zinkoxid und weisen eine Größe von einigen hundert Nanometern (1 nm = 1 Millionstel Millimeter) auf. Da diese Größe im Bereich der Wellenlänge des Lichts liegt, streut das Licht extrem stark an den Kristallen. Derartige Partikel werden beispielsweise in weißer Farbe, dem so genannten Zinkweiß, benutzt und dienen als weißes Pigment. Licht kann das Zinkweiß nicht durchdringen, sondern wird von ihm zurückgestreut. Erst dadurch entsteht der weiße Farbeindruck. Ähnliches passiert bei Salz oder Zucker, jedoch sind hier die Körner um ein Vielfaches größer.

Kristalle aus Zinkoxid eignen sich jedoch nicht nur zur Streuung von Licht. Sie lassen sich auch zur Emission ultravioletten Lichts und darüber hinaus sogar als verstärkendes Lasermedium angeregen. In dicht gepressten Pulvern aus derartigen Nano-Kristallen wird dabei das erzeugte Licht in dem Pulver zunächst zurückgehalten. „Man kann sagen, dass durch die andauernde zufällige Richtungsänderung nach einer Streuung an den Kristallen das Licht keinen schnellen Weg aus dem Pulver findet“, erklärt der Physiker Dr. Johannes Fallert, ein Mitarbeiter der Arbeitsgruppe am KIT und Kollegiat der Karlsruhe School of Optics and Photonics (KSOP). Durch die dermaßen erhöhte Aufenthaltsdauer des Lichts im verstärkenden Medium erreicht es eine drastisch erhöhte Intensität, bevor es aus dem Pulver emittiert wird.

Analog zu einem konventionellen Laser lässt sich auf diese Weise - durch den Wellencharakter des Lichts und die dadurch entstehenden Interferenzeffekte - auch in einem Zufallslaser das Laserlicht in spektral scharf definierten Resonanzen (Moden) erzeugen. Das Auftreten derartiger Moden eines Zufallslasers steht dabei in einem engen Zusammenhang mit der Lokalisierung des Lichtes. „Unserer Arbeitsgruppe am KIT ist es nun gelungen, mit mikroskopischer Spektroskopie wesentliche Erkenntnisse über die räumliche Ausdehnung dieser Moden, also die Stärke des Lichteinschlusses zu



Das Bild zeigt den örtlichen Ursprung von Lasemoden bei bestimmten Wellenlängen. Dies gibt Auskunft über die Stärke des Lichteinschlusses. (Bild: Angew. Physik)

gewinnen“, so Professor Heinz Kalt.

Die Messungen beenden eine seit längerem geführte Diskussion um den genauen Mechanismus der Lichtemission von Zufallslasern. In theoretischen Arbeiten zur Erklärung der Zufallslaser wurden zwei Modelle für den Lichteinschluss diskutiert: die einzelnen Moden sind sehr stark lokalisiert (d.h. der Weg des Laserlichtes führt jeweils nur über einige wenige Nanokristalle). Das zweite Modell besagt: die Moden sind delokalisiert (d.h. die Lichtpfade erstrecken sich jeweils über einen großen Bereich des Pulvers). Die Ergebnisse der Wissenschaftler am KIT zeigen nun, dass beide Arten von Moden gleichzeitig auftreten können. Dabei entscheidet ein komplexes Wechselspiel zwischen der optischen Verstärkung des angeregten Pulvers und der Lebensdauer der Lichtmoden darüber, welche Modenart dominiert.

Für zukünftige Anwendungen solcher Zufallslaser sehen die Forscher ein hohes Potential. Zinkoxid-Pulver wird bereits industriell in riesigen Mengen hergestellt und das Material ist äußerst kostengünstig. Anwendung findet es in weißen Farben, jedoch auch in Sonnencremes, Wundheilungssalben und als Nahrungsergänzung in der Viehzucht. Derartige Laser kommen ohne teure Präzisionsoptik aus und können in flexibler Form, beispielsweise als dünnes Schichtsystem oder in flüssiger Lösung, realisiert werden. Weitere Vorteile dieser Laser liegen darin, dass das aus dem Zinkoxid emittierte UV-Licht über einen Farbstoff in Licht jeglicher Farbe umgewandelt werden kann und außerdem die Abstrahlung des Laserlichts in einem weiten Raumwinkel erfolgt. Dies spielt eine wichtige Rolle für Anwendungen in der Beleuchtung.

**Im Karlsruher Institut für Technologie (KIT) schließen sich das Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft und die Universität Karlsruhe zusammen. Damit wird eine Einrichtung international herausragender Forschung und Lehre in den Natur- und Ingenieurwissenschaften aufgebaut. Im KIT arbeiten insgesamt 8000 Beschäftigte mit einem jährlichen Budget von 700 Millionen Euro. Das KIT baut auf das Wissensdreieck Forschung – Lehre – Innovation.**

Die Karlsruher Einrichtung ist ein führendes europäisches Energieforschungszentrum und spielt in den Nanowissenschaften eine weltweit sichtbare Rolle. KIT setzt neue Maßstäbe in der Lehre und Nachwuchsförderung und zieht Spitzenwissenschaftler aus aller Welt an. Zudem ist das KIT ein führender Innovationspartner für die Wirtschaft.

Diese Presseinformation ist im Internet abrufbar unter:  
[www.kit.edu](http://www.kit.edu)

Die Fotos können in druckfähiger Qualität angefordert werden unter: [presse@verwaltung.uni-karlsruhe.de](mailto:presse@verwaltung.uni-karlsruhe.de) oder +49 721 608-7414.