

## Projekt

## Photonische Nano-Filme mit umfassender optischer Funktionalität (Nano-Film)

Koordinator:	Dr. Isabelle Staude Institut für Angewandte Physik Universität Jena Albert-Einstein-Str. 6 07745 Jena Tel.: 03641 / 947 566 E-Mail: isabelle.staude@uni-jena.de
Projektvolumen:	1,9 Mio € (Förderquote 100%)
Projektlaufzeit:	01.10.2016 – 30.06.2020
Projektpartner:	➤ Institut für Physik, Humboldt Universität ➤ Physikalisches Institut, Universität Bonn ➤ I. Physikalisches Institut, RWTH Aachen

## Das Fundament der Photonik von Übermorgen

Die Grundlagenforschung stößt auf immer neue Phänomene und Effekte, die auf der Wechselwirkung des Lichts mit Materie beruhen. Für die jeweilige Grenze experimentell gewonnenen Wissens gilt dabei im Allgemeinen, dass sie auch den aktuellen Stand des technischen Vermögens definiert, solche Effekte und Phänomene überhaupt beobachtbar zu machen. Entsprechend sind die jeweiligen Experimente regelmäßig mit einem hohen Aufwand an Personal und Material verbunden.

Werden nun unter den vielen von der Forschung hervorgebrachten Erkenntnissen solche identifiziert, die ein hohes Potenzial für konkrete technische Anwendungen versprechen, so sind fast immer erhebliche Entwicklungsarbeiten erforderlich, um das im Labor beobachtete Phänomen in einer effizienten, d.h. insbesondere in einer bezahlbaren Weise für eine möglichst große Anzahl technischer Anwendungen nutzbar zu machen.

Die Projekte der Bekanntmachung „Photonik Plus – Neue optische Basis-technologien“ haben zum Ziel, Arbeiten zu solchen Erkenntnissen der optischen Grundlagenforschung zu unterstützen, die bisher nicht oder nur unterkritisch für eine praktische Anwendung erschlossen werden konnten.

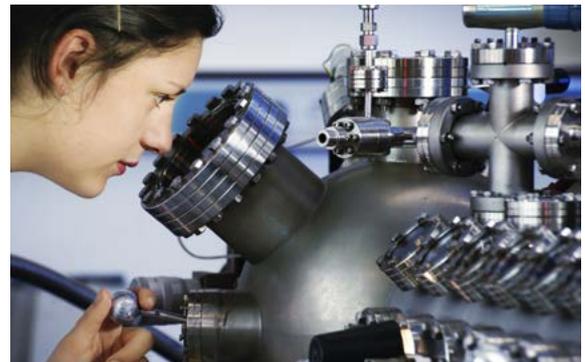


Bild 1: Neue optische Effekte erfordern zu ihrer erstmaligen Beobachtung regelmäßig einen weit höheren Aufwand, als er für eine praktische Anwendung vertretbar wäre.  
(Quelle: iStock.com/Maartje van Caspel)

## Nanofilme als neuartige optische Funktionselemente

Die Geschichte der optischen Innovationen beruht auf Fortschritten, die verschiedene Ebenen der Funktionsweisen optischer und optoelektronischer Komponenten umfassen. Der am einfachsten zu verstehende ist die Präzisionssteigerung bei der Fertigung optischer Komponenten. Entsprechende Weiterentwicklungen optischer Linsen lassen das Grundprinzip – die Brechung von Lichtstrahlen – unverändert, und steigern die Genauigkeit, aber beispielsweise auch die Möglichkeiten zur Gestaltung der Kontur und damit die Anzahl der Nutzungsmöglichkeiten der Linse immer weiter. Daneben besteht die Möglichkeit, das verwendete Material auszutauschen. Glas ist beispielsweise für langwellige Infrarotstrahlung nicht durchlässig, so dass hier alternativ Germanium verwendet werden kann. Bei der Verwendung anderen Materials ist es dabei nicht zwingend Voraussetzung die Gründe dafür zu kennen, warum dieses sich auf eine bestimmte Weise verhält.

Grundlegend neue Anwendungsmöglichkeiten eröffnen sich, indem man das Licht auf einer physikalisch tieferen Ebene beeinflusst, als sich dies in der Beschreibung durch Lichtstrahlen realisieren lässt. So beruht die diffraktive Optik darauf, die Wellennatur des Lichts zu nutzen und es durch Interferenz an strukturierten Elementen in einer Weise zu formen und zu lenken, wie dies mit dem Mittel der Lichtbrechung prinzipbedingt nicht möglich wäre. Man eröffnet sich durch die zusätzliche Beeinflussung dieser fundamentalen Eigenschaft des Lichts also weitergehende Möglichkeiten zur dessen Beeinflussung und Kontrolle.

Berücksichtigt man zudem, dass Licht aus schnell veränderlichen elektromagnetischen Feldern besteht, dann lassen sich diese Möglichkeiten noch drastisch ausweiten. Insbesondere existiert die Möglichkeit, diese Feldkomponenten in einer noch direkteren Weise zu beeinflussen als nur über Lichtbeugung und Interferenz. Dazu muss man sich jedoch in die Lage versetzen, die Wechselwirkung zwischen Licht und optischer Komponente auf einer Skala zu kontrollieren, die der räumlichen Modulation dieser Felder entspricht. Dies erfordert die Berechnung und Herstellung komplexer funktionaler Strukturen mit Abmessungen von weit unter einem Mikrometer. Sollen die entsprechenden speziellen Eigenschaften dann noch schaltbar sein, so sind zusätzlich Kombinationen mit entsprechenden elektrisch oder optisch sensitiven Materialien erforderlich.

## Nanoantennen zur Erzeugung, Lenkung und Detektion von Licht

Nanoantennen sind die mikroskopisch kleinen Elemente, aus denen ein Nanofilm aufgebaut ist und die eine hinreichend starke Wechselwirkung mit dem Licht sicherstellen, um es während seines Durchtritts durch den weniger als einen Mikrometer dicken Nanofilm in der gewünschten Weise beeinflussen zu können. Um solche hochwirksamen

Strukturen tatsächlich herstellen zu können, sind ein tiefes Verständnis ihrer Wirkungsweise, der Materialien aus denen sie bestehen und mit denen sie im Nanofilm zusammenwirken, sowie hochpräzise Lithographiemethoden erforderlich.

Im Projekt sollen insgesamt drei verschiedene Demonstratoren gefertigt werden, mit denen die grundsätzliche Eignung des neuen Paradigmas zunächst für die Lenkung und Formung von Lichtfeldern, dann für die Detektion von Licht und schließlich für die Erzeugung von Licht nachgewiesen werden soll. Allen diesen Demonstratoren soll gemein sein, dass sich mit ihnen Effekte zeigen lassen, die mit etablierten Komponenten grundsätzlich nicht realisiert werden können. Die Demonstratoren sollen insbesondere auch eine Abschätzung erlauben, mit welchem zeitlichen und materiellen Aufwand zu rechnen ist, bis diese neuen Wirkungsprinzipien für ein technisches Produkt erschlossen werden können.

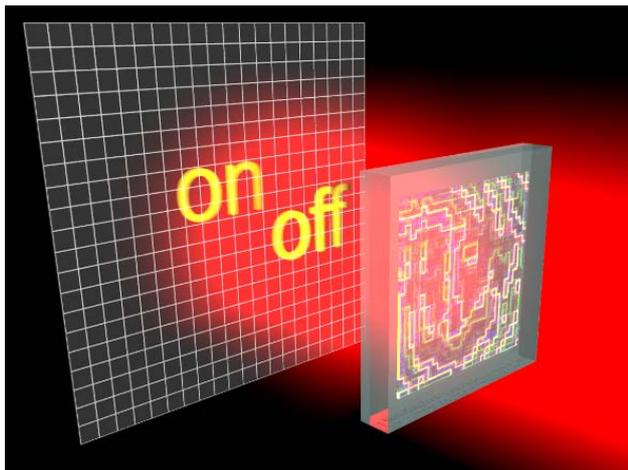


Bild 2: Hochtransparente resonante Nano-Filme können ein definiertes Eingangslichtfeld in ein komplexes Ausgangslichtfeld mit vorgegebenen Eigenschaften transformieren. Im Verbund soll dieses Konzept erstmals in eine anwendbare Technologiebasis überführt werden.

(Quelle: Friedrich-Schiller-Universität Jena)