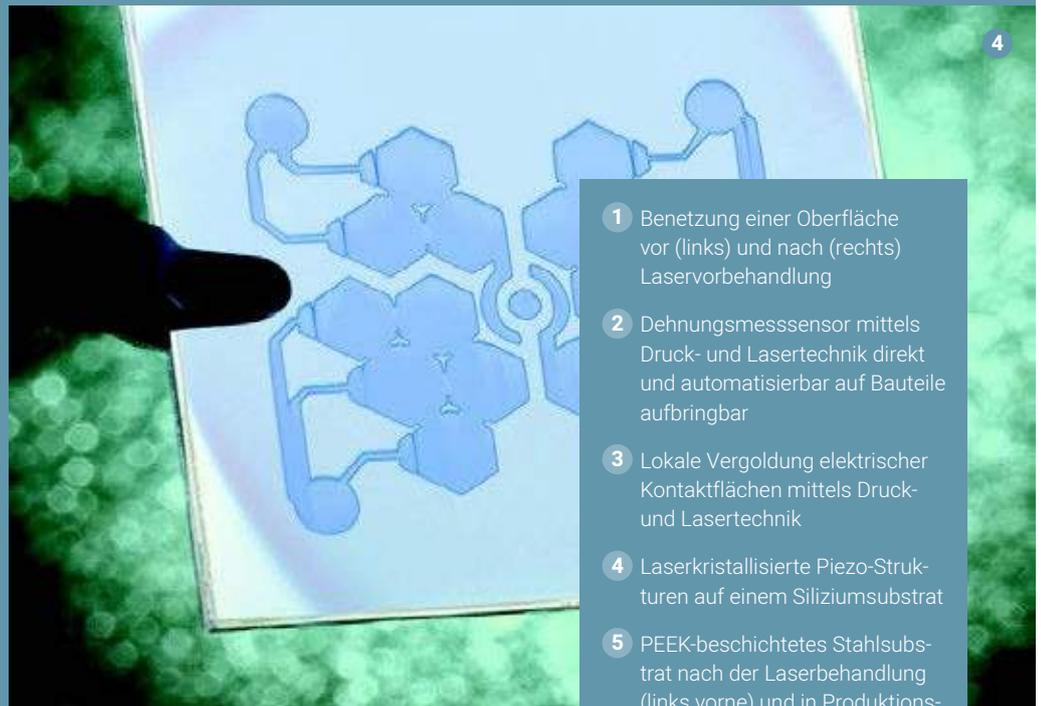
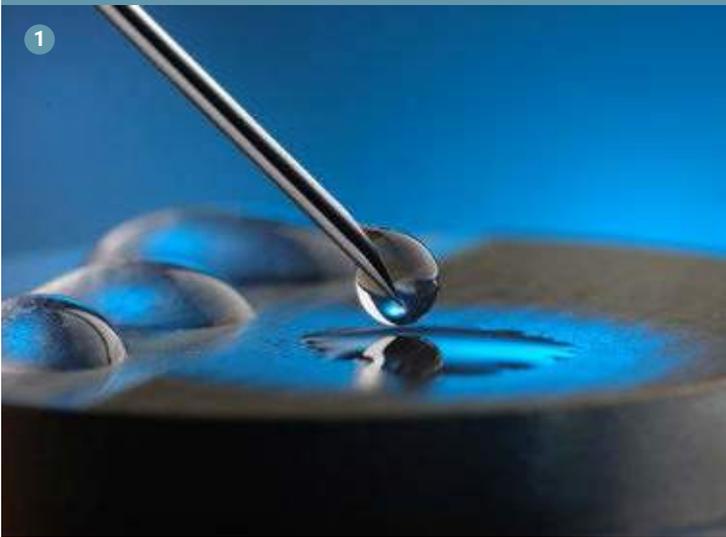


# Energieeffiziente Laser-Funktionalisierung von Oberflächen

Mit optischen Technologien lassen sich Oberflächen oder dünne Schichten in Fertigungsprozessen energieeffizient funktionalisieren und Bauteile dadurch optimieren – bei gleichzeitig minimaler thermischer und mechanischer Belastung.



- 1 Benetzung einer Oberfläche vor (links) und nach (rechts) Laservorbehandlung
- 2 Dehnungsmesssensor mittels Druck- und Lasertechnik direkt und automatisierbar auf Bauteile aufbringbar
- 3 Lokale Vergoldung elektrischer Kontaktflächen mittels Druck- und Lasertechnik
- 4 Laserkristallisierte Piezo-Strukturen auf einem Siliziumsubstrat
- 5 PEEK-beschichtetes Stahlsubstrat nach der Laserbehandlung (links vorne) und in Produktions-zwischenschritten

## ANWENDUNGSBEREICH

Im Zuge des industrieübergreifenden Trends zur Funktionsintegration werden Anforderungen an Bauteiloberflächen zunehmend komplexer. Funktionale Oberflächen oder dünne Schichten werden für elektronische und optische Anwendungen, für den Verschleiß- und Korrosionsschutz und in vielen weiteren Einsatzgebieten genutzt. Beim Trocknen, Härten, Versintern, Aufschmelzen, Kristallisieren oder Vernetzen von Beschichtungen bieten laserbasierte Verfahren nachhaltige Bearbeitungskonzepte für Bauteile und Produkte, in die sich somit spezielle Funktionen integrieren lassen. Große Vorteile bestehen in der hohen Ortsselektivität des Lasers und der präzisen Kontrolle des Energieeintrags in die Werkstoffe, sodass auch temperaturempfindliche Bauteile beschichtet werden können.

Additive Techniken wie Druckverfahren verfügen in Kombination mit der Laserbearbeitung über ein großes Potenzial, da sie eine ressourceneffiziente und kostengünstige Abscheidung von Strukturen auf ausgewählte Substratbereiche ermöglichen. Bei der notwendigen thermischen Nachbehandlung nasschemisch applizierter Schichten sind Laserverfahren gegenüber konventionellen Ofenverfahren oftmals energieeffizienter, da sie primär die Beschichtung erhitzen, nicht das gesamte Bauteil. Aufgrund der wesentlich kürzeren Wechselwirkungszeiten (Sekunden im Vergleich zu Minuten bis Stunden) sind Laserverfahren – vor allem bei der Behandlung lokaler Beschichtungen – überwiegend produktiver und zeigen Vorteile zum Beispiel in der Reduktion von Diffusionsvorgängen während der Prozessierung. Als digitale Verfahren sind die maskenlosen Druck- und Lasertechnologien prädestiniert für die kostengünstige, inlinefähige und automatisierbare Fertigung variantenreicher Klein- und Individualserien. Bei der Erzeugung von lokalen Kontaktvergoldungen lassen sich mit diesen Verfahren schädliche Materialien vermeiden, die in der klassischen galvanischen Herstellung notwendig sind.

Im Bereich der Elektromobilität können beispielsweise nasschemische Batterieelektroden mittels Laserstrahlung getrocknet werden, was im Vergleich zu Öfen Energie und vor allem Platz in der Produktionshalle spart.

**i Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Aachen**  
Dr. Christian Vedder | christian.vedder@ilt.fraunhofer.de Prof.  
Johannes Henrich Schleifenbaum  
johannes.henrich.schleifenbaum@ilt.fraunhofer.de

Keramische Verschleißschutzschichten werden u. a. in der Automobilindustrie eingesetzt, um die tribomechanischen Eigenschaften hochbeanspruchter Motoren- und Getriebe-komponenten effizienter zu gestalten.

## TECHNOLOGIE

Die spektrale, zeitliche und örtliche Steuerbarkeit der Laserstrahlung ermöglicht eine applikationsangepasste Modulation der Temperaturprofile im Bauteil. Aufgrund der erreichbaren großen Heiz- und Kühlraten in kleinen Volumina kann der Energieeintrag in das Bauteil reduziert werden.

Die nasschemische Erzeugung funktionaler Beschichtungen beinhaltet einen Verfahrensschritt, mit dem die aufgebrauchten Werkstoffe thermisch funktionalisiert werden, z. B. beim Aushärten, Sintern, Schmelzen oder Verdichten. Dank des Lasereinsatzes lassen sich überwiegend auch nur die Beschichtungen erwärmen, sodass nicht mehr die gesamten Bauteile auf die Funktionalisierungstemperatur erwärmt werden müssen. Dadurch ist weniger Energie nötig und ein breiteres Werkstoffspektrum nutzbar. Dazu zählen auch temperaturempfindliche Bauteile wie Kunststofffolien aber auch industrierelevante Wälzlagerstähle und Aluminiumlegierungen.

Gedruckte und laserfunktionalisierte Sensoren für die Überwachung metallischer Bauteile lassen sich beim Structural Health Monitoring einsetzen, um Schäden an Strukturkomponenten frühzeitig zu erkennen. Nach dem Reinigen und Aktivieren der Stahloberfläche für bessere Benetzungs- und Haftungseigenschaften können Stapel isolierender, leitfähiger oder piezoelektrischer Schichten additiv aufgebaut werden. Diese lassen sich nutzen für Dehnungsmess- und Körperschallsensoren zur Überwachung von Strukturkomponenten, wie beispielsweise Lager für Windkraftanlagen und Turbinenschaufeln.

## NACHHALTIGKEIT

Laser eignen sich hervorragend zur präzisen und schnellen Funktionalisierung von Oberflächen oder Herstellung von Beschichtungen, die Reibung von Bauteilen reduzieren, vor Verschleiß und Korrosion schützen oder elektronische Funktionalitäten integrieren. Die flexible Anpassbarkeit an Fertigungsaufgaben, die Ortsselektivität sowie die Inline-Fähigkeit der Verfahren ermöglichen eine im Vergleich zu herkömmlichen Techniken gesteigerte Energieeffizienz bei gleichzeitiger Skalierbarkeit der Prozesse. Oftmals kann zudem auf umweltschädliche Zusatzstoffe verzichtet werden.