

# Das Beste aus beiden Welten: Hoher Durchsatz und höchste Präzision

Die hohe Leistung von Ultra-Kurzpuls-(UKP)-Lasern ermöglicht Wettbewerbsvorteile. Um diese verfügbare Laserleistung effizient auszunutzen, ist die Nachfrage nach Bearbeitungsmaschinen mit höherem Durchsatz entstanden. Zudem ist für bestehende und neue industrielle Anwendungen inzwischen häufig der Wunsch nach einer großflächigen Bearbeitung bei gleichbleibender Genauigkeit vorhanden. Aufgrund der steigenden Komplexität ist ein systematischer Ansatz sowohl bei der Produkt- als auch bei der Prozessentwicklung zwingend erforderlich.

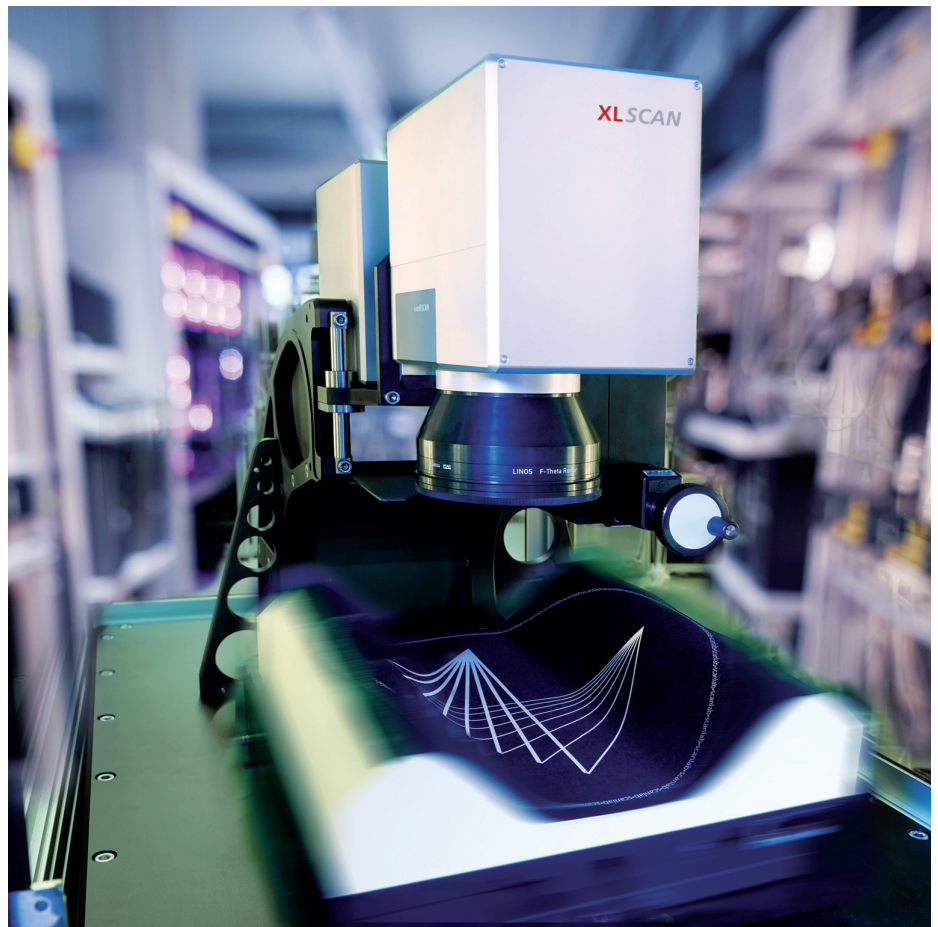
Laserbearbeitungsprozesse erfordern nicht nur die Synchronisation zwischen Laserquelle, Scan-System und Bewegungssteuerung, sondern auch qualifizierte Strahlkonditionierungs- und Kalibrierungsverfahren. Im Folgenden werden unterschiedliche Lösungen für die Laserbearbeitung größerer Bauteile mit hoher Genauigkeit vorgestellt, die in der Lage sind das Potenzial der neuesten UKP-Lasertechnik auszuschöpfen.

Bei der Mikrobearbeitung ist ein kleiner Laserspot und ein vollständig telezentrisches Sichtfeld, also eine konstante Spotgröße über das gesamte Bildfeld hinweg, erwünscht. Um einen kleinen Laserspot zu fokussieren, werden F-Theta-Optiken eingesetzt. Herkömmliche refraktive Optiken, die Linsen verwenden, sind jedoch in ihrer Größe aus Kostengründen begrenzt. Folglich haben kostengünstige Scan-Köpfe mit refraktiven F-Theta-Optiken in der Regel ein begrenztes Scanfeld.

## Besondere Anforderungen großer Werkstücke

Die ultrapräzise Laserbearbeitung eines großen Bereichs mit F-Theta-Optiken erfordert einen »gleichzeitigen« oder Step-and-Repeat-(Kachelartigen) Ansatz.

Letzterer bringt jedoch Herausforderungen beim Zusammenfügen mit sich und weist häufig sogenannte Stitching-Fehler (Überlappung an den Rändern der Bildfelder) auf. Zum Ausgleich dieser Fehler ist eine genaue Rückmeldung und eine aktive Korrektursteuerung erforderlich.



▲ Der XL SCAN kann Werkstücke ohne Größenlimitierung bearbeiten.

Diese Technologien sind teuer und können die Produktivität beeinträchtigen.

Um diese Schwierigkeiten auszugleichen, haben SCANLAB und ACS Motion Control das System-Konzept XL SCAN entwickelt. Diese Scan-Lösung synchronisiert gleichzeitig einen oder mehrere excelliSCAN-Scan-Köpfe und einen oder zwei mechanische XY-Tische mit jeweils zwei Servoachsen.

Damit entsteht eine hochdynamische Scan-Lösung für die Mikrobearbeitung von großen Werkstücken mit maximaler Genauigkeit.

Eine weitere Lösung stellt die Verwendung eines Polygon-Scanners, mit einer F-Theta-Optik auf Basis eines telezentrischen Spiegels, dar. Die Vergrößerung des Scan-Feldes auf bis zu 300 mm in Kombination mit der verbesserten Pulswiederholrate und der

höheren Durchschnittsleistung von ultraschnellen und gepulsten ns-Lasern eröffnet die Möglichkeit, größere Bereiche zu bearbeiten, ohne Abstriche bei der Genauigkeit machen zu müssen.

Mit der Lasertechnik und ihren vielfältigen Einsatzmöglichkeiten, haben sich ganz neue Fertigungsmethoden ergeben. Für die Lasermaterialbearbeitung generell und insbesondere für die Lasermikrobearbeitung ist es essentiell, einen maximalen Durchsatz zu erzielen, um mit etablierten Techniken, wie beispielsweise dem chemischen Ätzen, konkurrieren zu können.

### PoLaRoll Forschungsprojekt

Das europäische Projekt PoLaRoll untersucht die Potenziale und Grenzen eines hybriden Ansatzes. Das Hauptziel von PoLaRoll ist es, eine Hochgeschwindigkeits- und Hochpräzisions-Polygon-Laserstrukturierung im Rahmen einer »Rolle-zu-Rolle«-Fertigungslinie zu ermöglichen.

Rolle-zu-Rolle-Verfahren sind in vielen Branchen, wie der Elektronikindustrie, der Mikrofertigung und der Solartechnik, etabliert. Automatisierte Rolle-zu-Rolle-Herstellungsprozesse können in verschiedene Fertigungsschritte innerhalb von Produktionslinien integriert werden. Während viele konventionelle und Laser-basierte Herstellungstechniken bereits erfolgreich eingebettet werden konnten, konnte die Laserpuls-Strukturierung nicht immer ausreichend angepasst werden.

Die Haupthindernisse sind limitierte Pulsrepetitionsraten und die Fähigkeit bei hoher, konstanter Geschwindigkeit zu scannen, ohne die Positionsgenauigkeit der individuellen Pulse zu gefährden. Das übergeordnete Ziel des PoLa-Roll-Projektes ist es, den Lithografie-Schritt in gängigen Ätzprozessen durch eine direkte Laserstrukturierung des UV-empfindlichen Lacks zu ersetzen. Eine Lasermikrobearbeitungseinheit übernimmt den aktuellen Maskierungsprozess

innerhalb eines UV-Lithographie-Ätzprozesses bei der Mikrostrukturierung von Edelstahlspulen. Diese Vorgehensweise verzichtet vollständig auf Masken und kann somit Stitching-Fehler vermeiden.

Der angestrebte Materialfluss beträgt 0,3 m/min. Dies ermöglicht einen flexiblen und kostengünstigen Produktionsprozess und kann die Produktivität erheblich steigern. Ein modulares Konzept der Laserstrukturierung ermöglicht die Integration in unterschiedliche Anwendungen, um Maskierungsprozesse oder eine digitale Strukturierung zu ersetzen. Um dieses ehrgeizige Ziel zu erreichen, wurden verschiedene technische und wissenschaftliche Disziplinen zusammenge-

führt. Die Scan-Geschwindigkeit wurde hierbei auf 400 m/s erhöht, wobei zwei Scan-Köpfe die Aufträge nebeneinander abarbeiten. Moderne UKP-Laser bieten bisher eine Puls-on-Demand-Modulation von bis zu 8 MHz. Für eine hochauflösende Hochgeschwindigkeitsverarbeitung reichen diese Pulswiederholungsraten bei diesen hohen Scangeschwindigkeiten jedoch noch nicht aus.

### Der optische Pfad

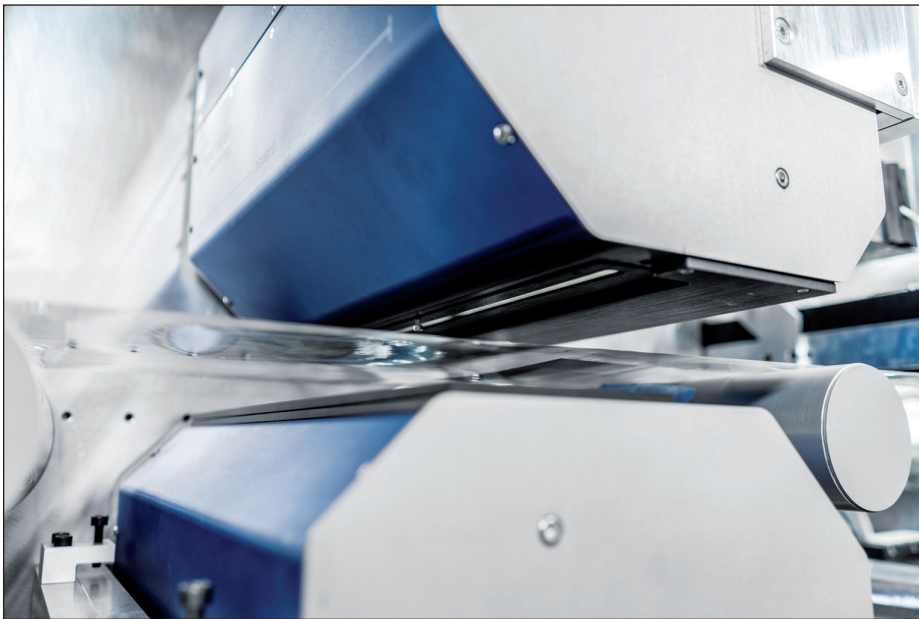
Um die Pulswiederholrate zu verbessern und die Pulsenergie zu steigern, wurde ein hochleistungsfähiger UKP-Laser entwickelt. Die resultierende Laser-Ausgangsleistung beträgt 300 W, bei Wiederholraten von bis zu 25 MHz.

**WW** WERKSTOFF WOCHE 18.-20.09.2019 DRESDEN

**KONGRESS UND FACHMESSE**  
FÜR INNOVATIVE WERKSTOFFE, VERFAHREN UND ANWENDUNGEN

**ICH SEHE,  
WIE SIE SICH ÜBER DIE NEUESTEN ENTWICKLUNGEN  
IN DER WERKSTOFFBRANCHE INFORMIEREN**

**WERKSTOFFWOCHE.DE**



▲ Polygon-Scanner mit vollreflektiver, telezentrischer Scan-Optik.

Die hohen Wiederholraten sind erforderlich, um gleichzeitig hohe Auflösungen und hohen Durchsatz sicherzustellen.

Ein Polygon-Scanner bietet durch eine optimierte Synchronisation zwischen Laser und Scanner-Einheit eine höhere Genauigkeit. Und das bei einer Scan-Geschwindigkeit von 1000 Zeilen pro Sekunde über einen gesamten telezentrischen Scan-Bereich von bis zu 300 mm. Ein Synchronisationskonzept für den Polygon-Scanner und Laser ist notwendig, um eine erfolgreiche Abstimmung mit der Rolle-zu-Rolle-Einheit zu erreichen.

Aufgrund der erhöhten Drehzahl des Polygonmotors ist die interne Synchronisation mit den Sollwerten herausfordernd. Die tatsächliche Position des Fokus auf dem Ziel (der Rolle) wird von der Steuerkarte des Scanners in Abhängigkeit von der Polygon-Drehzahl, dem Säulenabstand (Punkt-abstand innerhalb einer Linie) und der Fördergeschwindigkeit (Rollengeschwindigkeit) bestimmt.

### Zukünftige Herausforderungen von UKP-Lasern

Die Weltmärkte verlangen Produkte mit hohem Mehrwert, zahlreichen Funktionen zu geringen Kosten. Bei

spielsweise Bioinspirierte Oberflächenstrukturen, die Merkmale im Nano- und Mikrometerbereich aufweisen, bieten erhebliches Potenzial für die Schaffung funktionalisierter Oberflächen. Somit können Technologien zur Funktionalisierung von Oberflächen (als Ersatz für Verbundwerkstoffe) oder zum Auftragen von Beschichtungen ganz neue industrielle Möglichkeiten eröffnen.

Die Laseroberflächen-Texturierung kann erweiterte Funktionen erzeugen, insbesondere wenn Quellen mit Pulsdauern von Nanosekunden (kurz) sowie Pikosekunden und Femtosekunden (ultrakurz) verwendet werden.

Das europäische LAMPAS-Projekt soll das Potenzial der Laserstrukturierung für die Gestaltung funktionalisierter Oberflächen untersuchen. Durch den Einsatz eines Hochleistungs-UKP-Lasers mit neuen Konzepten für die Strahlabgabe, soll die Effizienz, Flexibilität und Produktivität (über  $1 \text{ m}^2/\text{min}$ ) des Laserprozesses gesteigert werden. Erreicht wird dies durch die Kombination der Eigenschaften von zwei unterschiedlichen Lasertechnologien: der direkten Laserinterferenz-Strukturierung und einer Polygon-Scanner-Verarbeitung.

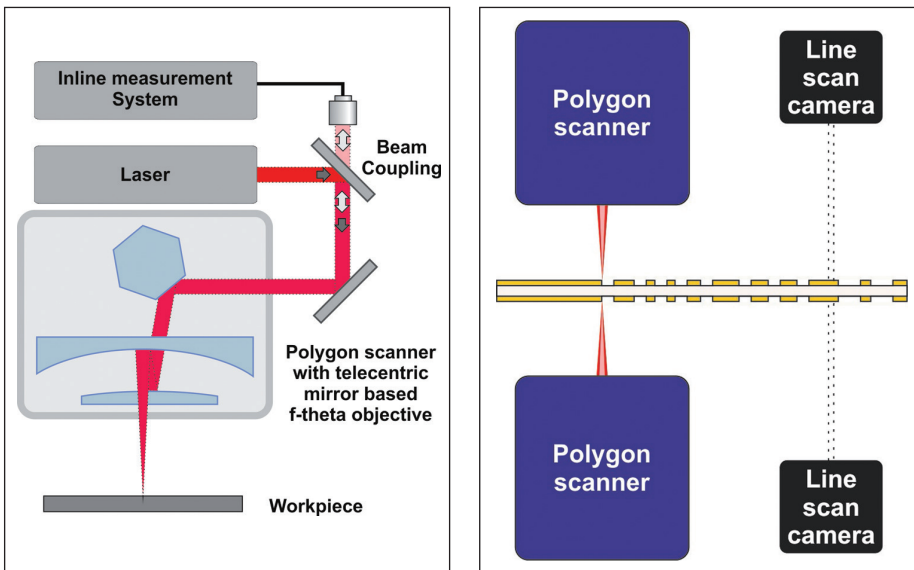
Die Schlüsselkomponente, die bei

LAMPAS entwickelt werden soll, ist ein flexibler Hochleistungs-UKP-Laser mit einer durchschnittlichen Leistung von 1,5 kW, Wiederholungs-raten von bis zu 10 MHz und Pulsdauern von 1 bis 3 ps.

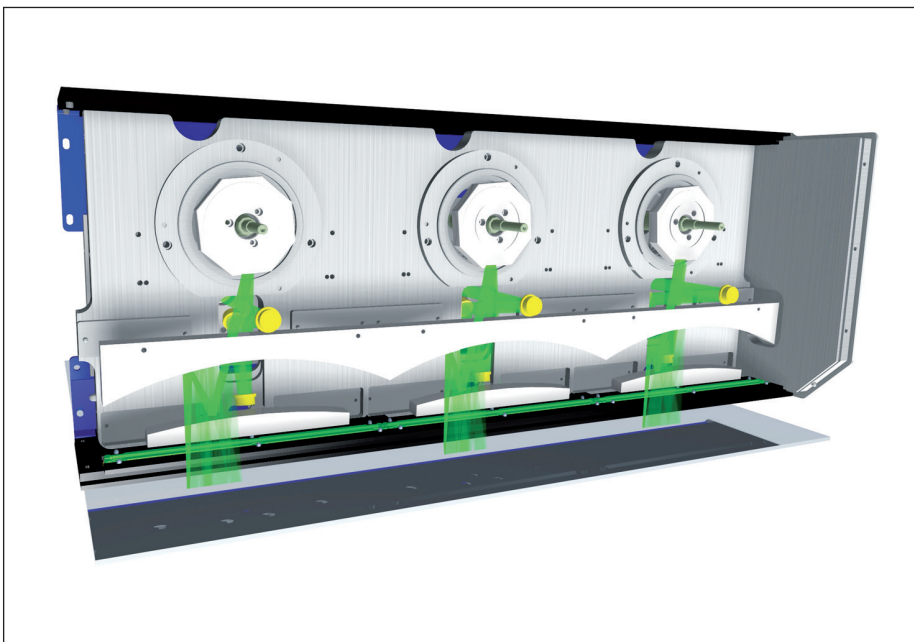
Die herkömmliche Strahlableitungstechnologie stößt an Grenzen, wenn die maximale Durchschnittsleistung des Lasers verwendet wird. Eine Erhöhung der Verarbeitungsgeschwindigkeit ist in der Regel mit der Verringerung der Auflösung (Strukturgröße) verbunden, die wiederum eine Verringerung der Oberflächen-funktionalisierung zur Folge hat. Daher befasst sich LAMPAS mit der Kombination aus drei laserbasierten Technologien, die den Durchsatz steigern und eine hohe Auflösung bieten sollen. Diese Technologien sind Polygon-Scanner-Technik (PST), direkte Laserinterferenz-Strukturierung (DLIP) und laserinduzierte periodische Oberflächenstrukturen (LIPSS). Sie ermöglichen die Erzeugung eines mehrskaligen Oberflächenmusters mit Strukturgrößen im Nanometer-, Submikrometer- und Mikrometerbereich in einem einzigen Schritt. Mit den entwickelten Modulen können Bauteile mit einer Breite von bis zu 300 mm und einer Länge von 1000 mm, bei einem Durchsatz von mindestens  $1 \text{ m}^2/\text{min}$  bearbeitet werden. Dank der Fähigkeit des XL SCAN durch Synchronisierung den Bearbeitungsbereich zu vergrößern oder dank des Ansatzes, die Scan-Geschwindigkeit in Kombination mit einer großflächigen F-Theta-Optik zu erhöhen, werden die Durchsatzraten bei durchschnittlicher Leistung und Puls-wiederholrate neu definiert.

Bei einigen großflächigen Anwendungen, wie Wide-Web-Anwendungen oder bei der Verarbeitung großer Panels, kann es erforderlich sein, Laser-Scan-Lösungen zu synchronisieren. Denn eine kachelartige Bearbeitung (Stitching) kann ebenso komplex sein wie additive Fertigung mit SLM-Verfahren, die einer besonders hohen Wiederholgenauigkeit bedürfen.

Es gibt nur einen klaren benennbaren



▲ Funktionsschema PoLaRoll Maschinenkonzept.



▲ Integrierte Kachel-Konfiguration von 900 mm beim multiplexen LSE3000 Polygon-Scanner-System.

Vorteil: Spiegelbasierte F-Theta-Optiken weisen keine optische Verzerrung an den Rändern auf, die bei herkömmlichen F-Theta-Linsen an der Tagesordnung sind. Über die TrueRaster Steuerungstechnik kann der Übergang einzelner Scan-Felder an den Rändern angepasst werden.

Die Polygon-Scanner Technologie und die XL SCAN Lösung stellen somit beide Strahlableitungssysteme dar, die für die zukünftigen Anwendungen für große Bildfelder geeignet sind.

#### ■ INFO

Autoren:  
Lars Penning, Next Scan Technology  
Dr. Holger Schlüter, SCANLAB

SCANLAB GmbH  
Siemensstr. 2a · 82178 Puchheim  
Tel.: 089 800746-0 · Fax: 089 800746-199  
E-Mail: info@scanlab.de · www.scanlab.de

The projects PoLaRoll and LAMPAS have received funding from the European Union's Horizon 2020 programme under No. 723805 and No. 825132.



11. – 12. sept 2019  
messezentrum globana

## FACHMESSE FÜR INDUSTRIE AUTOMATION

REGIONAL – KOMPAKT – KOMPETENT

Systeme, Komponenten, Software  
und Engineering für industrielle  
Automation und industrielle  
Kommunikation im Kontext von  
Industrie 4.0.

Aussteller, Vorträge und Lösungen,  
die Sie vorwärts bringen. In einer  
angenehmen Messeatmosphäre  
mit viel Zeit für Fachgespräche.

[automation-leipzig.de](http://automation-leipzig.de)