

SCHNELLE UND ADAPTIVE STRAHL- ABLENKUNG MIT KASKADIERTEN SCAN-SYSTEMEN

Für anspruchsvolle Laserbearbeitungsanwendungen, wie beispielsweise die Mikrobearbeitung, werden innovative Scan-Konzepte erforscht, um Bearbeitungszeiten weiter zu verkürzen. **XL SCAN** ist eine Scan-Lösung, bei der ein 2D-Scan-Kopf und ein XY-Tisch synchron angesteuert werden. Das hochgenaue System wurde gemeinsam von SCANLAB und ACS Motion Control entwickelt und verfügt über eine nur durch den Verfahrensbereich des XY-Tisches begrenzte Bearbeitungsfläche. Damit ist es sowohl für eine großflächige Mikrobearbeitung, zum Schneiden von großen Folien und auch dem Bohren von Leiterplatten in der Elektronikfertigung ideal geeignet.

Beim XL SCAN können verschiedene Strategien zur Steigerung des Durchsatzes eingesetzt werden. Eine sehr effiziente Variante ist die Kombination von mehreren Scan-Köpfen zu einem Multikopf-System. Der XL SCAN kann zudem mit der neuartigen, Pipeline-basierten Trajektorien-Planungssoftware SCANmotionControl angesteuert werden. Diese erlaubt den Benutzern die exakte Bahn des Laserstrahls vorab zu planen. Das System berechnet, unter Berücksichtigung der physikalischen Grenzen des eingesetzten Scan-Kopfs und XY-Tisches, aus vorgegebenen Bearbeitungsmustern und Prozessparametern optimale Trajektorien. Vorab lässt sich beispielsweise die tolerierbare Abrundung von Ecken festlegen oder eine konstante Prozessgeschwindigkeit vorgeben. Die mit unterschiedlichen Prozessparametersets gewonnenen Simulationsergebnisse sind die Grundlage für eine Optimierung von Genauigkeit und Durchsatz. Die Ergebnisse können als Simulationsdateien ausgegeben werden.

Forschungsaufbau erprobt die Strahlablenkung auf Herz und Nieren

Am Forschungscampus Digital Photonic Production (DPP), gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, entwickeln der Lehrstuhl für Lasertechnik LLT und der Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme TOS der RWTH Aachen gemeinsam mit SCANLAB einen innovativen Ansatz für kaskadierte Strahlführungssysteme. Das Hauptziel dieses Projekts besteht darin, sequenziell verschiedene Strahlablenkungssysteme mit komplemen-

tären physikalischen Eigenschaften zu kombinieren und sie simultan während der Laserbearbeitung zu steuern. Die experimentelle Einrichtung besteht aus einer Ultrakurzpuls-Laserquelle der Firma EdgeWave, einem XY-Positioniertisch von BUSCH Microsystems und SCANLABs excelli-SCAN 14 Scan-Kopf mit einer 100 mm F-Theta-Linse. Um hohe Bearbeitungsgeschwindigkeiten und eine sehr feine Kontrolle zu ermöglichen, wurde ein 2D-Akusto-Optischer Deflektor (AOD) in den Strahlengang integriert. Abb. 1 zeigt das System im Labor des Forschungscampus DPP und Abb. 2 den schematischen Aufbau des kaskadierten Systems.

Ein AOD nutzt akustische Wellen, um den einen einfallenden Laserstrahl zu deflektieren. Dies geschieht durch akusto-optische Effekte, welche den Brechungsindex eines Materials verändern. Innerhalb des gemeinsamen Projekts am Forschungscampus DPP werden zwei AODs kombiniert, um einen zweidimensionalen Scan-Effekt zu erzeugen. Im Gegensatz zu Scan-Kopf und XY-Tisch enthält ein AOD keine mechanischen Komponenten, was hohe Geschwindigkeiten ermöglicht und Verschleiß vermeidet.

Basierend auf der Skizze in Abb. 2 wird der Laserstrahl zunächst durch den AOD abgelenkt und dann über eine Relay-Optik auf dem ersten im Scan-Kopf sitzenden Spiegel abgebildet. Um den Arbeitsraum zu vergrößern, kann der Tisch das Werkstück synchron in Abstimmung mit den vorher beschriebenen Komponenten bewegen. Im beschriebenen Aufbau mit Laserquelle, AOD, Relay-Optik, Scan-Kopf und XY-Tisch sind die mit jedem einzelnen

	AOD	Scan-Kopf	Positioniertisch
Arbeitsbereich (mm)	1,2 × 1,2	40 × 40	300 × 300
Typ. Geschwindigkeit (mm/s)	2 × 10 ⁸	9 × 10 ³	1 × 10 ³

■ **Tabelle: Vergleich Arbeitsbereich und typische Geschwindigkeit von AOD, Scan-Kopf und XY-Tisch.**

Ablenkensystem maximal erreichbaren Arbeitsfelder und Geschwindigkeiten in nebenstehender Tabelle aufgeführt. Durch diese Kombination von AODs mit einem XY-Tisch und einem Scan-Kopf entsteht ein System, das in der Lage ist, große Flächen sehr schnell und mit höchster Präzision zu bearbeiten.

■ Software als Enabler für kürzere Prozesszeiten

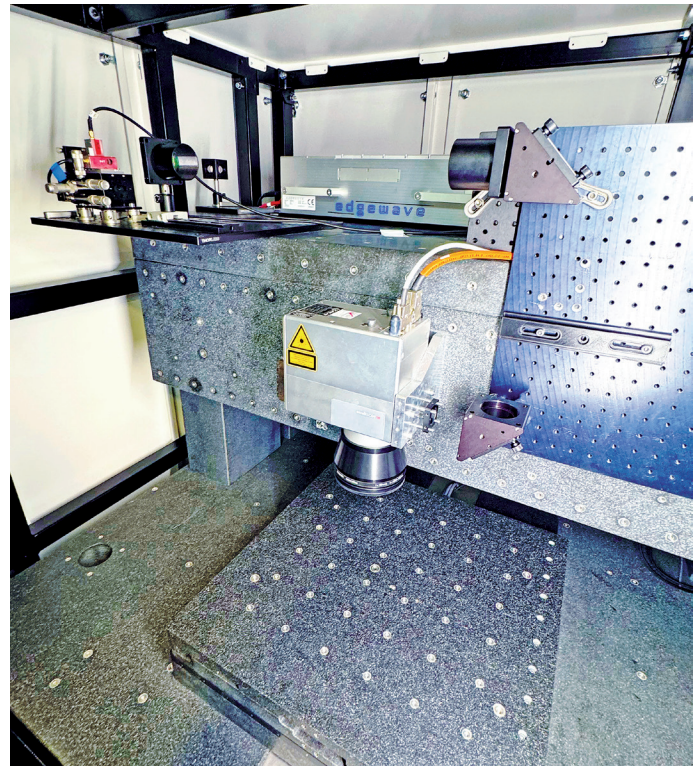
Im Rahmen des Forschungscampus DPP wurde MultiMotion entwickelt, eine Benutzeroberfläche für die Parametereinstellung und Systemsteuerung. Die Software interpretiert die vom Benutzer definierte Zielgeometrie und berechnet mithilfe von SCANmotionControl die Trajektorien für den Scan-Kopf und den XY-Tisch basierend auf den Prozessparametern und ihren physikalischen Grenzen. Anschließend kann ein Planer die Trajektorien für den AOD basierend auf diesen Berechnungen festlegen. Nach der Planung kann der Benutzer in MultiMotion die Ergebnisse auswerten und diese Daten dann zur Ausführung des Laser-Jobs mit synchroner Steuerung aller Geräte verwenden.

■ Mögliche Bearbeitungsstrategien des kaskadierten Systems

Um das Potenzial des kaskadierten Systems zu bewerten, wurden gezielte Experimente mit Wobble-Oszillationen durchgeführt. Der AOD ermöglicht schnelle Strahloszillationen entlang der Bahn des Scan-Kopfes in Kombination mit dem XY-Tisch. Mithilfe von MultiMotion kann die Amplitude und Frequenz der Wobble-Oszillation während des Prozesses mit dem AOD angepasst werden.

In Abb. 3 sind die Ergebnisse des Laserabtrags mit Hatches für eine kleine Fläche von 100 mm² dargestellt. Durch die Variation des Zeilenabstands von 300 µm bis zu 1500 µm und die Anpassung der Wobble-Amplitude des AOD zur Kompensation konnte eine Reduzierung der Bearbeitungszeit um 70 % erreicht werden.

Der zweite Anwendungsfall betrachtet die Schärfe von Ecken. Da der AOD auf einem akusto-optischen Effekt basiert, können Ecken geschärft werden, die durch die inhärente Trägheit eines Scan-Systems im konventionellen Betrieb sonst abgerundet werden müssen.



■ **Abb. 1: Aufbau am Forschungscampus Digital Photonic Production (DPP).**

Bild: Forschungscampus DPP, Aachen

Unter Berücksichtigung dieser Eigenschaft wurden drei alternative Szenarien untersucht. Der erste Fall (Abb. 4a, links im Bild) zeigt die Bearbeitung nur mit einem Scan-Kopf mit Hilfe von Skywriting. Die Prozessdauer beläuft sich dabei auf 17,2 ms.

Im zweiten Fall – ohne Skywriting und ebenfalls nur mit einem Scan-Kopf – muss ein Laser mit Pulse-on-demand eingesetzt werden, um Einbrände in den Ecken zu vermeiden. Das Abbremsen und Beschleunigen erfolgt zwischen 10,4 m/s und 0 m/s mit einer Prozessdauer 13,5 ms (Abb. 4b, Mitte im Bild). Im letzten Fall erfolgt die Bearbeitung mit einem Scan-Kopf und AOD. Die ursprüngliche Trajektorie mit gleichmäßiger Bearbeitungsgeschwindigkeit weist wegen Trägheit Abrundungen auf, die jetzt durch den AOD geschärft werden. Die Prozessdauer beläuft sich hierbei nur noch auf 10,6 ms (Abb. 4c, rechts im Bild). Die Zeitersparnis im Vergleich zum ersten Fall beträgt 40 %.

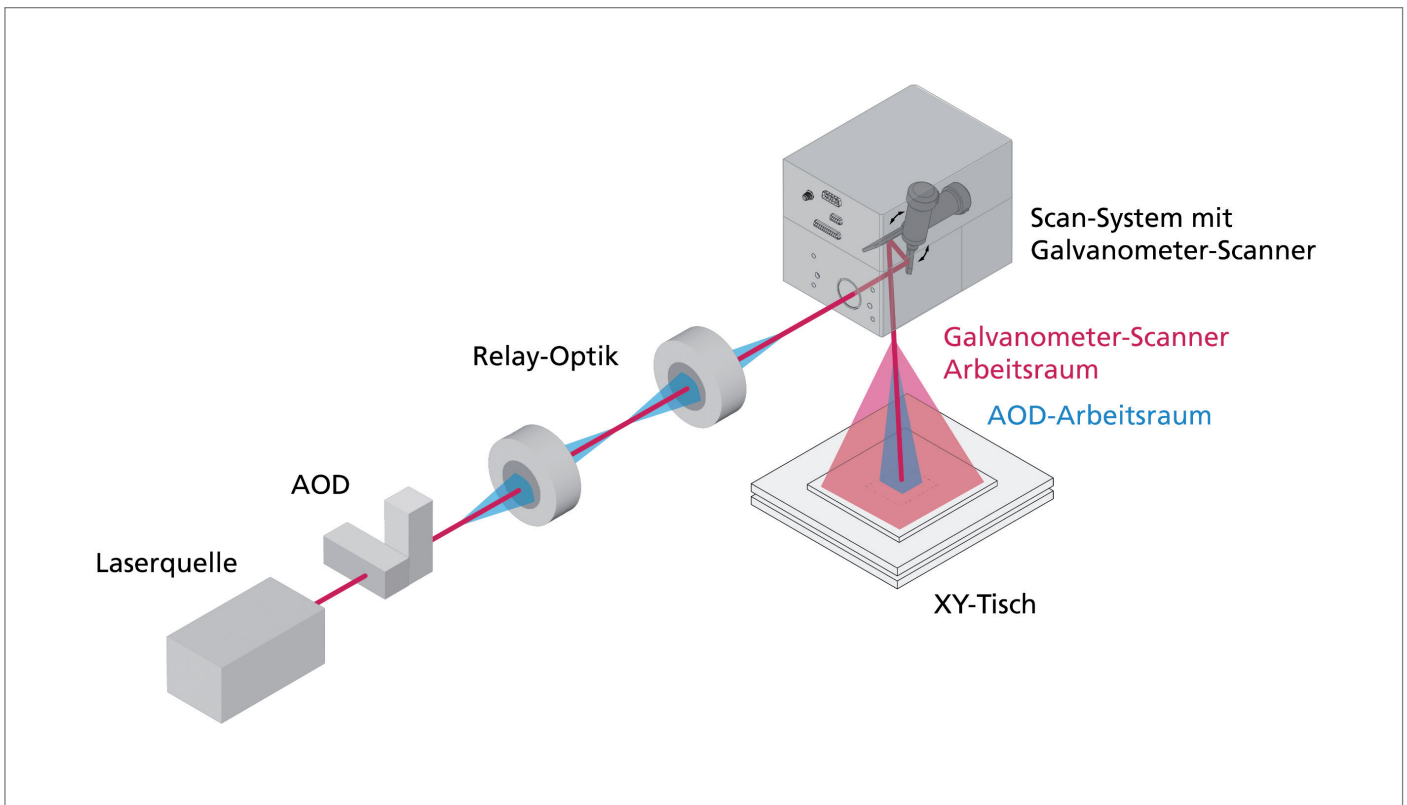


Abb. 2: Prinzipskizze eines kombinierten Scan-Systems mit AOD für großflächige Laserbearbeitung.
Bild: SCANLAB

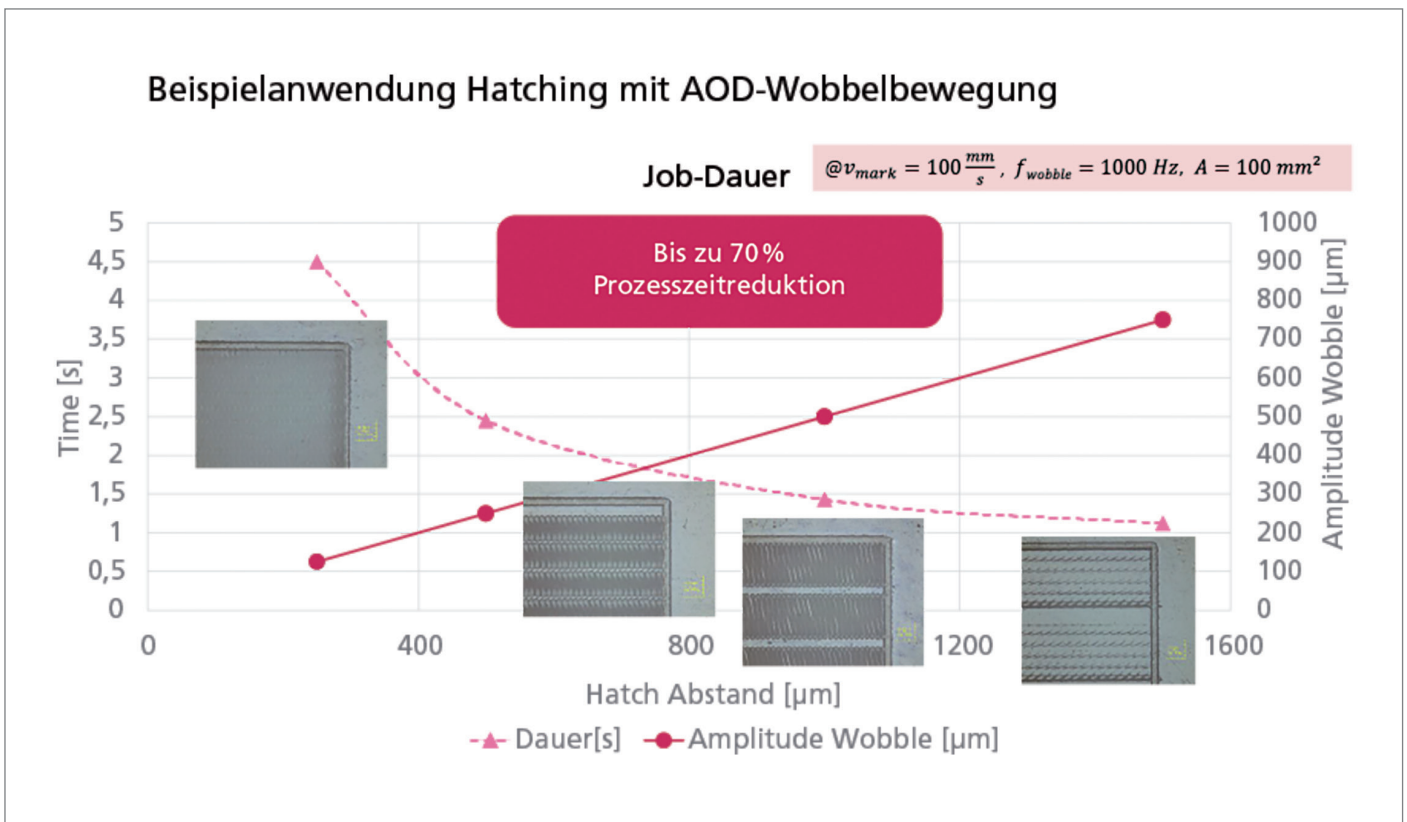


Abb. 3: Prozesszeitverkürzung durch Einsatz eines AOD und Anpassung der Wobbelbewegung.
Bild: Forschungscampus DPP, Aachen

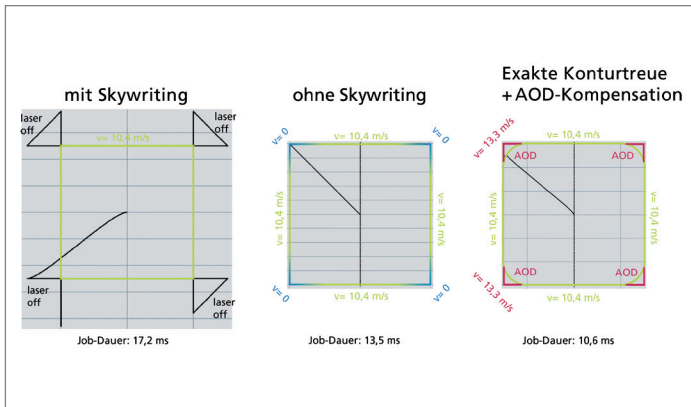


Abb. 4 a/b/c: Alternative Bearbeitungsstrategien zur Ecken-schärfung von Laserpfaden.

Bild: Lehrstuhl für Lasertechnik LLT

Ausblick

Die Taktzeit, mit der der AOD derzeit angesteuert werden kann, beträgt im vorliegenden Fall 100 kHz (Ansteuertakt einer RTC-Scanner-Ansteuerkarte). Ein AOD ermöglicht, je nach Auslegung, auch Positionieraten mit einer deutlich höheren Frequenz. Daher wird aktuell ein neues Konzept entwickelt, bei dem der sogenannte 'Ultrafast Pixel Mode' (UFPM der RTC6-Ansteuerkarte) zum Einsatz kommt. Unter Berücksichtigung des neuen Ansatzes kann zukünftig die einzelne Slave-Karte durch vier RTC-Slave-Karten ersetzt werden, von denen jede eine UFPM-Aufsteckkarte enthält. Mit diesem neuen Ansatz wird es möglich, die Modulation und Ablenkung des AODs mit Taktfrequenzen von bis zu 3,2 MHz zu steuern. Betrachtet man zum Beispiel einen Rohstrahl mit einem Durchmesser von 5 mm und einem AOD mit einem TeO₂-Kristall und longitudinale Wellenausbreitung ist es möglich, Wobbel-Oszillationen bis zu 840 kHz zu erreichen; 8,4-mal schneller als der aktuelle Fall. Solche Merkmale sind besonders interessant bei Laserprozessen wie der additiven Fertigung, um die Porosität und Oberflächenrauheit der hergestellten Teile zu reduzieren.

Autoren:
Dr. Holger Schlüter
SCANLAB GmbH
Lucas de Andrade Both
RWTH Aachen University
Lehrstuhl für Lasertechnik LLT

Kontakt:
Dr. Holger Schlüter
SCANLAB GmbH
Siemensstr. 2a
82178 Puchheim
Tel.: +49 89 800 746-0
E-Mail: info@scanlab.de
www.scanlab.de

Lasers⁴ Batteries

Anode

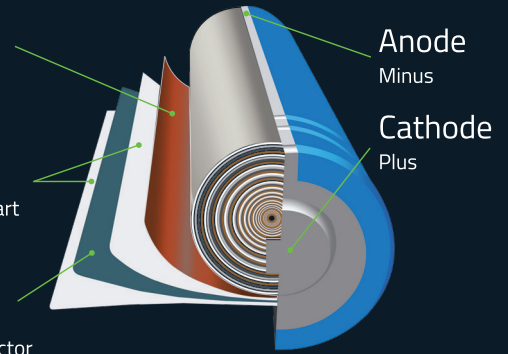
Mixed graphite compound on copper collector

Separator

Insulating layer to keep anode and cathode apart

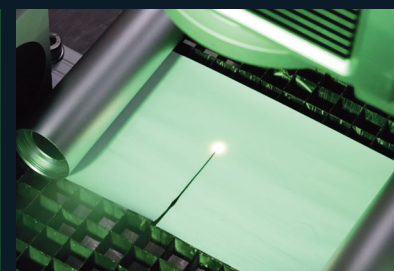
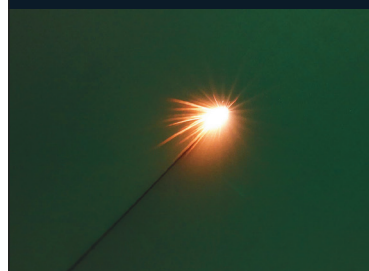
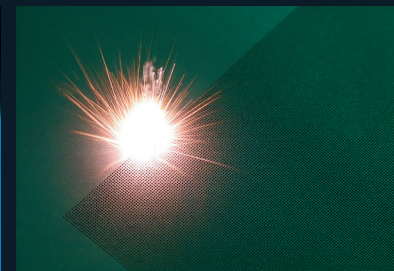
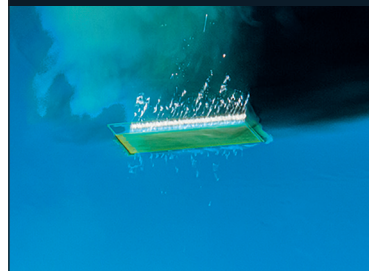
Cathode

Mixed lithium compound on aluminium collector



Battery casing ablation

Electrode surface structuring



Electrode slitting

Separator foil cutting

www.luxinar.com

Luxinar GmbH
Röntgenstrasse 6
21465 Reinbek
+49 (0)40 883624-60
info@luxinar.com

See us at Laser EMobility Workshop 2024
Science Congress Centre München, Germany
From July 17th - 18th