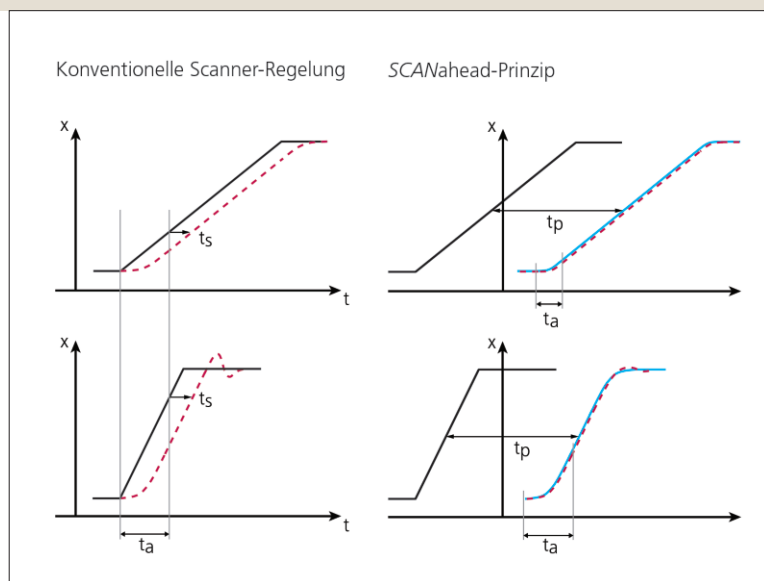


# Dynamische Scansysteme für UKP-Laser

Leistungsstarke Ultrakurzpuls laser mit hoher Repetitionsrate verlangen zumeist nach einem geringen lokalen Wärmeeintrag. Aus diesem Grund steigt die Nachfrage nach hohen Scangeschwindigkeiten mit höchster Präzision – für die existierenden **ABLENKMECHANISMEN** eine echte Herausforderung.



**Bild 1. Die zeitliche Auslenkung führt bei einer konventionellen Scanner-Regelung durch den Schleppverzug zu einem sogenannten »Schleppfehler« (linke Spalte). Mit der neuen »Scanahead-Regelung wird eine fahrbare Trajektorie vorausschauend berechnet, die ohne Schleppfehler abgefahren wird. Dabei wird das Dynamik-Potenzial der Galvanometer-Scanner bestmöglich ausgenutzt (rechte Spalte)**

**HOLGER SCHLÜTER UND LARS PENNING**

Um Produkte der Consumer-Electronics-Industrie herzustellen, müssen der Durchsatz und die Produktivität stetig gesteigert werden. Gleichzeitig ist in zahlreichen Branchen die industrielle Bearbeitung von Werkstücken im  $\mu\text{m}$ -Bereich erforderlich. In beiden Fällen werden Ultrakurzpuls laser (UKP-Laser) verwendet, um durch »Kalte Ablation« thermische Spannungen zu vermeiden und hochwertige Kanten zu erzielen. Dies erreicht man allerdings nur, wenn der räumliche Überlapp der Einzelpulse gering gehalten wird. Bei Repetitionsraten von mehreren Hundert Kilohertz sind die Anforderungen an die Dynamik des Scansystems sehr hoch. Bisherige Laser-Scansysteme stoßen dabei immer öfter an ihre Grenzen. Abhilfe schaffen hier drei Lösungen, die für UKP-Laser besonders geeignet sind:

- neuartige Regelungskonzepte für Galvanometerscanner,
- Polygonscanner für flächige Anwendungen,
- Präzessionsbohrsysteme.

## Unvereinbarkeit aufgehoben

Galvanometerscanner beherrschen den Markt für Laserstrahlableitungssysteme. Sie bestehen aus einer elektromagnetisch angetriebenen Drehachse, auf der ein Spiegel befestigt ist. Am anderen Ende der Achse befindet sich ein Winkelsensor. Galvanometerantrieb und Sensor bilden zusammen einen Servomotor, der über einen geschlossenen Regelkreis gesteuert wird.

Um bei einer hohen Bearbeitungsdynamik die gewünschte Kontur exakt abfahren zu können, ist – genau wie für eine Regelung der Achsmotoren von CNC-Bearbeitungsmaschinen – die eingesetzte Regelung ausschlaggebend. Bislang werden hierzu meist konventionelle Regelungen ohne Vorsteuerung verwendet. Diese liefern, bei entsprechend angepasster Einstellung der Regelparameter, gute Ergebnisse, jedoch meist nur für einen spezifischen Anwendungsfall. Aufgrund der konstanten Beschleunigungszeit wird dabei die theoretisch mögliche Dynamik der Systeme nicht im gesamten Geschwindigkeitsbereich voll ausgenutzt.

Unabhängig von der Scangeschwindigkeit sind konventionelle Scannerregelungen mit einem konstanten Schleppverzug der Dauer  $t_s$  behaftet (Bild 1). Die Beschleunigungsdauer  $t_a$  bis zur gewünschten

## > KONTAKT

HERSTELLER  
**SCANLAB AG**  
 82178 Puchheim  
 Tel. +49 89 800746-0  
[info@scanlab.de](mailto:info@scanlab.de)  
[www.scanlab.de](http://www.scanlab.de)

HERSTELLER  
**Next Scan Technology**  
 Belgien – 9940 Evergem  
 Tel. +32 9244 7520  
[info@nextscantechnology.com](mailto:info@nextscantechnology.com)  
[www.nextscantechnology.com](http://www.nextscantechnology.com)  
 Messe Lasys, Stuttgart: Halle 4, Stand B72



**Bild 2. Das Scansystem »ExcelliScan« verfügt über die Scanahead-Regelungstechnik**

Scangeschwindigkeit ist ebenfalls konstant. Bei schnellen Scanbewegungen mit annähernder Maximalgeschwindigkeit kann es bei konventionellen Scannerregelungen zu unerwünschtem Überschwingen kommen. Für eine hohe Bearbeitungsqualität muss das Abklingen dieses Einschwingvorgangs abgewartet werden, wodurch sich die Prozesszeit entsprechend erhöht.

Schleppverzug und Beschleunigungszeit und damit die Dynamik von Scansystemen mit konventioneller Scannerregelung werden durch die gewünschte Maximalgeschwindigkeit bestimmt: Je höher die Maximalgeschwindigkeit ist, desto größer sind Schleppverzug und Beschleunigungszeit. Mit steigender Maximalgeschwindigkeit wird das Beschleunigungsvermögen der Scannerachsen für kleine Scangeschwindigkeiten immer weniger ausgenutzt.

Das Unternehmen Scanlab hat mit der »Scanahead«-Regelung eine Steuerungslösung entwickelt, die die bisherigen Nachteile einer konventionellen Schleppverzugsregelung umgeht. Mit der Steuerungslösung wird die Unvereinbarkeit zwischen Maximalgeschwindigkeit und hoher Dynamik aufgehoben. Das Scansystem beschleunigt auch bei langsamen Scangeschwindigkeiten mit der maximal möglichen Beschleunigung (**Bild 1**). Möglich wird dies durch die vorab berechnete, fahrbare und beschleunigungsbegrenzte Soll-Trajektorie. Die Berechnung erfolgt in Echtzeit und ist um die Vorausschauzeit  $t_p$  vor der eigentlichen Ausführung versetzt. Durch die Begrenzung der Beschleunigung des Soll-Positionsverlaufs auf die Maximalbeschleunigung der Scannerachsen wird eine Soll-Trajektorie (**Bild 1, blaue Kurve**) erzeugt, der die Regelung ohne Schleppfehler folgen kann (**Bild 1, rote Kurve**). Das Dynamikpotenzial der Galvos wird dabei bestmöglich ausgenutzt. Darüber hinaus wird durch die Generierung einer fahrbaren Soll-Trajektorie das Überschwingen bei hohen Geschwindigkeiten stark reduziert beziehungsweise vermieden (**Bild 1, rechts unten**).

### Bearbeitung großer Flächen bis zu 300 mm

Polygonscanner bieten besonders große Vorteile bei der zeilenweisen, flächigen Bearbeitung von Werkstücken – bei gleichzeitig hoher Auflösung und frei definierbaren Mustern und Strukturen. Dank der hohen Geschwindigkeiten können derartige Systeme die Prozesszeiten drastisch verkürzen.

Das Unternehmen Next Scan Technology (NST), kürzlich erst von Scanlab übernommen, ist ein Spezialist für Laserscannen und -modulation. Es hat eine Scantechnologie zur dynamischen Auslenkung des Fokus mit einer Geschwindigkeit von 25 m/s bis hin zu 100 m/s und höher entwickelt. Diese Scansysteme verdanken die hohen Geschwindigkeiten nicht den Galvano-

# LASER MICRO MACHINING

MUSTERTEIL  
lasergedreht aus Edelstahl  
mit senkrechten Schnitten und  
zylindrischen Bohrungen  
mit  $\varnothing 70\mu\text{m} \pm 1\mu\text{m}$

400  $\mu\text{m}$



Besuchen  
Sie uns auf der  
**LASYS**  
Internationale Fachmesse für  
Laser-Materialbearbeitung  
Halle 4 Stand 4C72  
31.05. - 02.06.2016  
Messe Stuttgart



**GL.evo**

Lasermikrobearbeitungssysteme  
für höchste Dynamik und Präzision

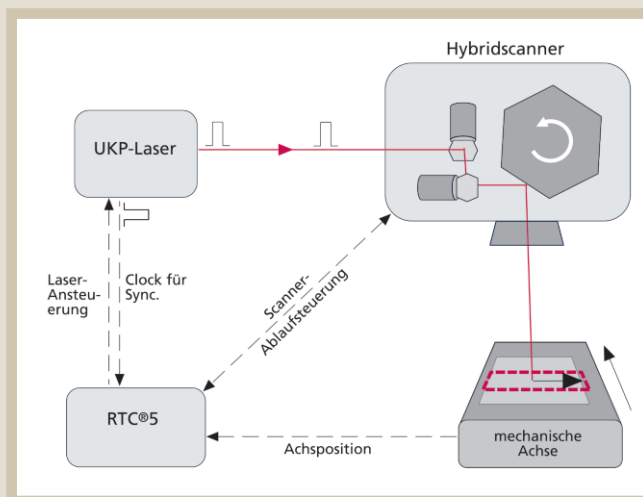
- MIKROBOHREN
- FEINSCHNEIDEN
- TIEFENGRAVIEREN
- STRUKTURIEREN
- LASERDREHEN

Ihre Stückzahl rechtfertigt keinen  
Maschineninvest? Kontaktieren Sie  
unsere Auftragsfertigung.

**GFH** gmbh  
www.gfh-gmbh.de

GFH GmbH . 94469 Deggendorf . Germany

**Bild 3. Konzept des Hybrid-Polygonscanners**



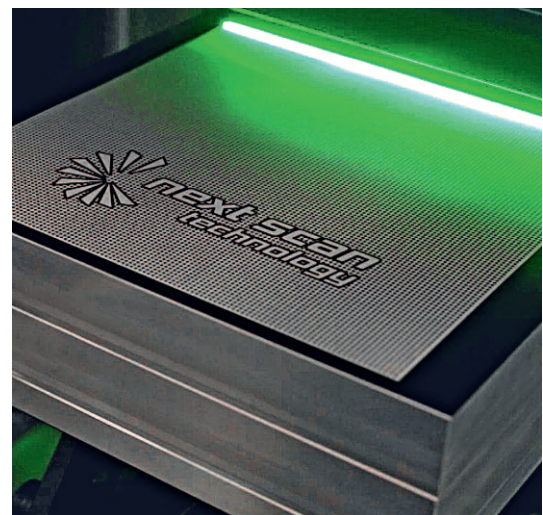
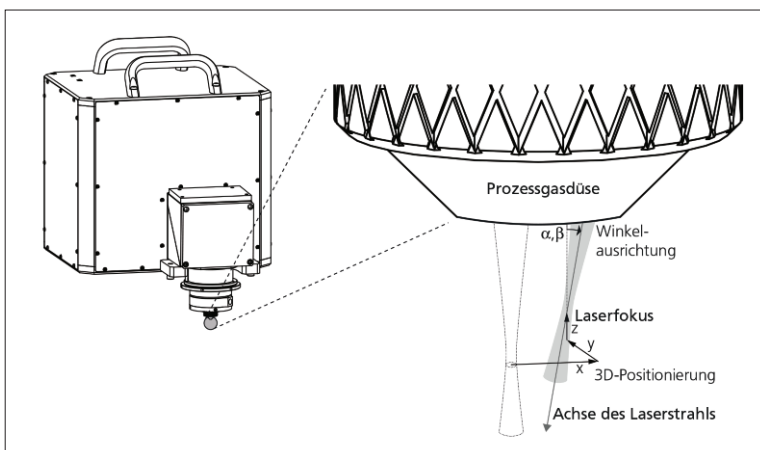
meterscannern, sondern einer rotierenden Polygon-technologie. Ein zusätzliches Galvopaar kann für Korrekturen eingesetzt werden, sofern die Anwendung absolute Genauigkeit erfordert (TrueRaster).

Das Konzept nutzt einen Multifacetten- oder Polygonspiegel zur Ablenkung der auftreffenden Laserstrahlen. Das Polygonrad dreht sich mit einer konstanten Geschwindigkeit um eine mechanische Achse. Immer wenn eine flache Facette des Polygonrads den auftreffenden Strahl aufnimmt, wird der Strahl über einen Winkelbereich abgelenkt. Wenn der Strahl auf eine Kante zwischen zwei Spiegelfacetten trifft, wird der Laser abgeschaltet und die Führung des Strahls springt wieder auf den Linienanfang.

Rotierende Scanner sind eindimensionale Scanner, die eine Scanlinie erzeugen. Um ein 2D-System zu erhalten, muss eine zweite Linearbewegung hinzugefügt werden. Die Ausrichtung der Zweitbewegung steht senkrecht zur vom Polygonscanner gescannten Linie, und die Geschwindigkeit wird auf die Rotorgeschwindigkeit abgestimmt, um die zeilenweise Bearbeitung der Oberfläche zu erzielen. Diese Art des Scannens wird zumeist als Raster-scannen bezeichnet.

Durch die hohen Scangeschwindigkeiten, die durch diese Laser und Scanner erreicht werden, wird die Synchronisation immer wichtiger. NST hat dazu

**Bild 5. 5-Achs-Positionieroptionen des Laser-Fokuspunkts von ›PrecSys‹**



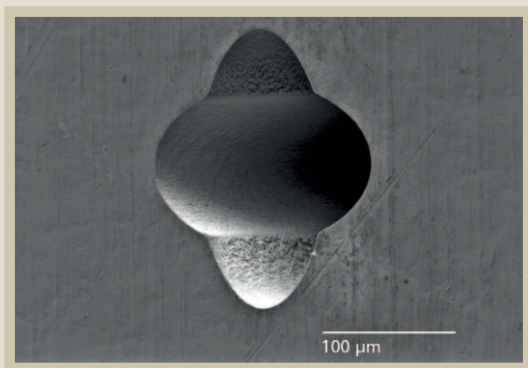
**Bild 4. Hochdynamische LSE-Polygonscanner**

die Synchronisationstechnologie ›SuperSync‹ für MOPA und neuartige Faserlaser entwickelt, um die bestmögliche Wiederholgenauigkeit für Lasermarkierpunkte sicherzustellen. Für CO<sub>2</sub>- und Nanosekundenlaser kann kundenspezifisch in OEM-Anwendungen die Modulationstechnik ›GateMaster‹ verwendet werden.

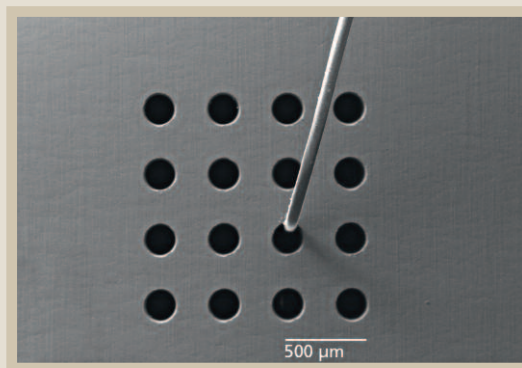
Das LSE-(Line-Scan-Engine-)System ist als sofort einsetzbare Polygonscannerlösung erhältlich. Es kann mit einem Laser und einem Lineartisch in wenigen Stunden zu einer Hochgeschwindigkeits-Beschriftungseinheit konfiguriert werden (**Bild 4**).

Die Kombination der linearen Bewegung mit einer eindimensionalen f-Theta-Linse erlaubt die Konstruktion eines einfachen, aber sehr leistungsfähigen Systems. Die Bearbeitung von großen Flächen bis hin zu 300 mm bei vollständig telezentrischer Abbildung ist so möglich. Diese vorgefertigten LSE-Lösungen erlauben dank der SuperSync-Steuerung sehr hohe Scanleistungen bei anspruchsvollen Anwendungen. Die TrueRaster-Technik bietet eine noch akkuratere und präzisere Linienbearbeitung, beispielsweise Ritzen, Falzen und Mikrobohren. Komplementär dazu

Bilder: Scanlab



**Bild 6. Flexible Geometrie, hergestellt durch Überlagerung von zwei Ellipsen (190 µm lang, 110 µm breit) mit PrecSys**



**Bild 7. 200-µm-Bohrungen in Stahl, ausgeführt mit PrecSys, verglichen mit einem menschlichen Haar**

ist das Hybrid-Polygon-Scansystem von Scanlab, das die Verwendung einer Reihe von gängigen f-Theta-Glas-Objektiven ermöglicht (**Bild 3**). Jedes der beiden Konzepte lässt sich schnell anpassen und optimieren.

### Frei wählbare Geometrien

Durch die Kombination mit UKP-Lasern können vielfältige Materialien, wie Glas, Hartmetalle, Keramik und Kunststoffe, schmelz- und gratfrei bearbeitet werden. Einige bisher bei der Bearbeitung auftretende technische Einschränkungen soll das Mikrobearbeitungs-Subsystem »PrecSys« überwinden.

Mit dem System können frei wählbare Geometrien von Bohrungen präzise und langzeitstabil erzeugt werden. Durch die Möglichkeit, eine rotierende Bewegung mit gleichzeitig flexibel angestelltem Laserstrahl zu nutzen, kann es beispielsweise zur Fertigung negativkonischer, zylindrischer und elliptischer Bohrungen in einer Größenordnung von deutlich unter 80 µm eingesetzt werden. Darüber hinaus können diese ein sehr hohes Aspektverhältnis (kleiner Bohrdurchmesser, große Tiefe) besitzen (**Bilder 5, 6 und 7**).

Bei der Entwicklung des 5-Achs-Mikrobearbeitungs-Subsystems wurde großer Wert auf Industrietauglichkeit gelegt (**Bild 8**). Das System ist modular aufgebaut und mit einer aktiven Wasserkühlung versehen. Der geschlossene und gasgespülte Strahlengang garantiert größte Sauberkeit. Damit ist PrecSys wartungsarm und robust gegen schwankende Temperaturen, Abtragpartikel oder Staub. Es wird hochgenau vorkalibriert und kann optional mit einer Feinjustage-Automatik ausgestattet werden. Eine Prozessüberwachung kann flexibel vom Anwender separat angebracht werden. Die standardisierte



**Bild 8. Das Mikrobearbeitungs-Subsystem PrecSys**

Datenschnittstelle zum Informationsaustausch im XML-Format erlaubt eine einfache Remote-Anbindung zu SPS-Steuerungen und damit die Integration in moderne, automatisierte Fertigungsumgebungen. Die Bedienung und Verwaltung eines oder mehrerer Systeme kann durch eine benutzerfreundliche und intuitiv bedienbare Steuerungssoftware erfolgen. Die grafische 3D-Visualisierung des Laserbewegungspaths ermöglicht eine besonders einfache Jobprogrammierung und -überprüfung.

Die nahe Zukunft wird zeigen, welches der drei Konzepte sich für die Nutzung der Vorteile von UKP-Lasern bewähren wird. ■ MI110416

### AUTOREN

Dr. HOLGER SCHLÜTER verantwortet das Business Development bei Scanlab in Puchheim  
LARS PENNING ist Managing Director bei Next Scan Technology, einem Unternehmen der Scanlab-Gruppe in Belgien; info@nextscantechology.com