

## Taktsynchron mit dem UKP-Laser

Die Laser-Scanner-Synchronisation für eine präzise und schnelle Materialbearbeitung mit ultrakurzen Laserpulsen basiert auf einer Erweiterung des Funktionsumfangs der Scanner-Ansteuerkarte.

Moderne Galvanometer-Scan-Systeme sind Schlüsselkomponenten in den Anlagen zur schnellen und präzisen Lasermaterialbearbeitung. Zur dynamischen Positionierung des Laserfokus auf der Werkstückoberfläche wird der Bearbeitungslaserstrahl über zwei drehbar gelagerte Spiegel geführt, die von galvanometrischen Direktantrieben sehr schnell und, mittels integrierter, hochgenauer Winkelmessung, sehr präzise positioniert werden. Das Anwendungsspektrum für Galvanometer-Scan-Systeme ist breit gefächert und wird durch die stetige Entwicklung neuer Strahlquellen kontinuierlich erweitert. So eröffnet auch die Verfügbarkeit leistungsstarker Ultrakurzpulslaser (UKP-Laser) neue Anwendungsfelder. Gleichzeitig entsteht dabei aber Bedarf für eine speziell darauf angepasste Scan-Technologie.

### Aspekte der erzielbaren Bearbeitungsgenauigkeit

Ein besonderer Aspekt beim Einsatz der heutzutage verfügbaren UKP-Laser ist die Laser-interne Taktquelle für die Pulsemission. Diese ist vom Takt des internen Master-Oszillators abgeleitet. Im Gegensatz zu den sonst in der Materialbearbeitung verbreitet eingesetzten, gütegeschalteten Laser-Systemen ist eine externe Vorgabe der absoluten Zeitpunkte der Pulseausgabe üblicherweise nicht möglich.

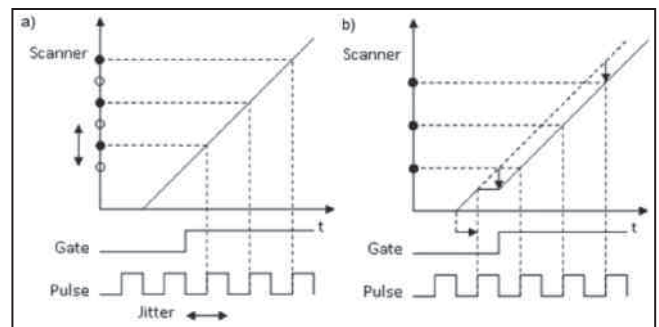
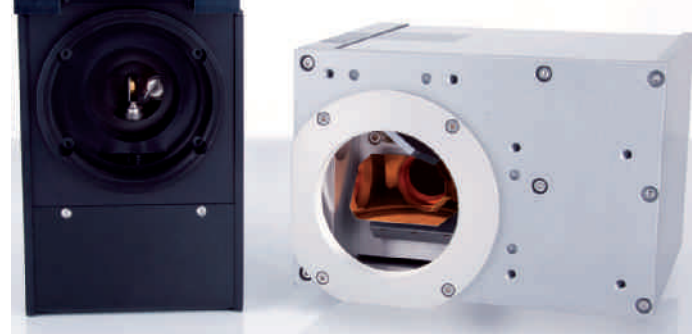
Das Bearbeitungsmuster bei der Scanner-basierten Laserbearbeitung besteht in der

Regel aus einer Folge von Linien- und Kurvensegmenten, deren Anfang und Ende durch das Ein- und Ausschalten der Laseremission definiert wird. Im Fall gepulster Laserquellen setzen sich die Linien- und Kurvensegmente im Bearbeitungsergebnis jeweils aus einzelnen Punkten zusammen. Kann die Laseremission nicht durch die Scanner-Ansteuerung getriggert werden, sondern ist durch den Laser vorgegeben, so ist die Anordnung der einzelnen Bearbeitungspunkte aufgrund des Jitters zwischen Lasertakt und Scanner-Ansteuerung nicht punktgenau kontrollierbar.

Besondere Brisanz erhält dieser Sachverhalt aufgrund der Tatsache, dass bei der UKP-Bearbeitung zur Vermeidung thermischer Einflüsse in vielen Fällen eine räumliche Trennung zwischen zeitlich aufeinanderfolgenden Laserpulsen angestrebt und durch eine ausreichend hohe Scangeschwindigkeit sichergestellt wird. In der Praxis führt die Zufälligkeit im Zeitpunkt der Laseremission aber zu räumlichen Abweichungen in der Größenordnung eines Fokussdurchmessers, was eine erhebliche Einschränkung der erzielbaren Bearbeitungsgenauigkeit bedeutet. Im Bearbeitungsergebnis kann sich dies z. B. durch Auftreten von Moiré-Mustern äußern.

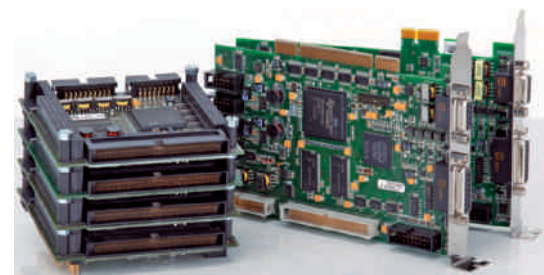
Des Weiteren ist vor allem bei Ablationsverfahren oft eine Mehrfachbearbeitung der Werkstückoberfläche erforderlich. Besteht hierbei keine Kontrolle

über die relative Positionierung aufeinanderfolgender Belichtungsvorgänge, so verwischen die Markierungspunkte entlang der Scan-Richtung zu Linien. Diese Effekte können nur durch eine Synchronisation der Scanner-Ansteuerung mit dem internen Takt des Lasers vermieden werden. Bei der typischen Systemarchitektur der bestehenden Scanner-Ansteuerung war eine solche Funktionalität bisher jedoch nicht verfügbar. Jaeggi et. al. berichten über eine Behelfslösung, mit der vor allem für flächige Rasterbearbeitung gute Ergebnisse demonstriert werden konnten. Für allgemeine Bearbeitungsanwendungen ist eine solche Lösung jedoch unkomfortabel und wenig flexibel. Eine für den Praxisbedarf geeignete Lösung ist eine spezielle Synchronisationseinrichtung innerhalb der Scanner-Steuerung. Eine solche Synchronisation weist zwei wichtige Aspekte auf: Erstens muss die Positionierung der Scannerachsen auf den Zeitpunkt der Laseremission abgestimmt werden. Zweitens ist auch die Ausgabe der Lasermodula-



a) Problem des Jitters zwischen Scanner-Ansteuerung (Gate) und internem Lasertakt (Pulse) und resultierende Abweichung der Scan-Position, b) Lösung durch synchronisierte Scanner-Ansteuerung.

**Die Autoren**  
Viola Schulze ist im Vertrieb und Dr. Markus Zecherle in der Entwicklung für Forschungsprojekte bei der Scanlab AG tätig.



tion (Laser an/aus) mit dem Lasertakt zu synchronisieren, um ein pulsgenaues An- und Abschalten auch bei endlicher Signallaufzeit und Trägheit der Schaltelemente sicherzustellen.

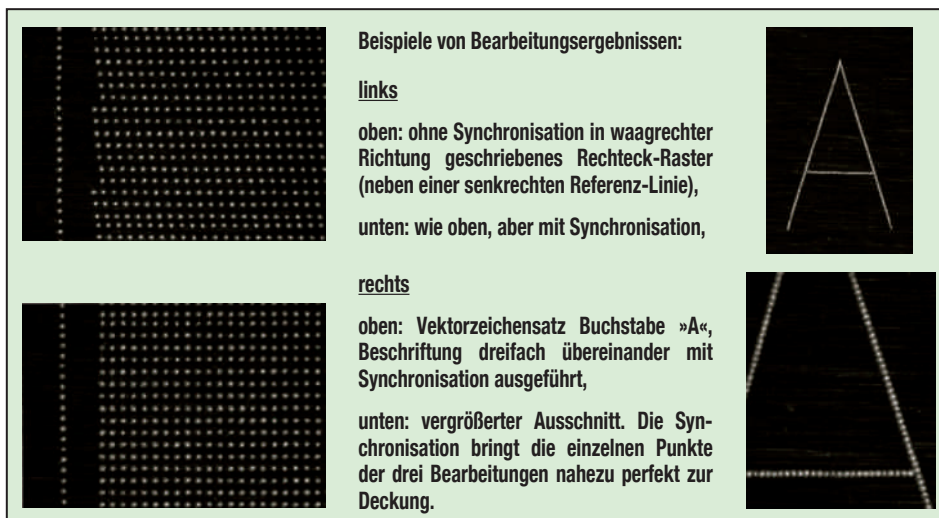
## Synchronisation und maximale Kompatibilität

Im Rahmen des von der EU geförderten Projekts SOLASYS wurde von Scanlab eine Erweiterung der Funktionalität der RTC5-Ansteuerkarte entwickelt, die die Synchronisation auf anwenderfreundliche Weise ermöglicht und dabei gleichzeitig maximale Kompatibilität mit den bestehenden Steuerungsfunktionen sicherstellt. Die Phase zwischen Lasertakt und Laseransteuerung wird gemessen und die Positionsausgabe an die Scanner-Achsen so modifiziert, dass der Phasenversatz ausgeglichen wird. Hierzu benötigt die RTC5-Ansteuerkarte als Eingangssignal lediglich den Referenztakt der Laseremission.

muster sauber wiedergegeben. Neben flächigen Rastern können jedoch auch allgemeine Vektorzüge synchron mit dem freilaufenden Laser markiert werden. Im dargestellten Beispiel wird der Buchstabe »A« aus einem Vektorzeichensatz gezeigt. Um die Synchronisation zu demonstrieren, wurde derselbe Beschriftungsvorgang dreimal übereinander ausgeführt. Das Ergebnis dieser Mehrfachbeschriftung ist als vergrößerter Ausschnitt dargestellt. Nur aufgrund der Synchronisation kommen die einzelnen Laserpulse der drei aufeinanderfolgenden Beschriftungen nahezu perfekt deckungsgleich übereinander zu liegen.

## Zusammenfassung

Scanlab hat den Funktionsumfang der RTC5-Ansteuerkarte um einen Modus erweitert, der eine Ansteuerung von Scan-Systemen synchron mit dem extern vorgegebenen Takt freilaufender gepulster Laser auf einfache Weise er-



Einige Beispiele von Bearbeitungsergebnissen sind in den Abbildungen dargestellt, die die Funktionalität und die Leistung des synchronisierten Beschriftungsmodus demonstrieren. Im Einzelnen wird auf drastische Weise ein Effekt gezeigt, der entsteht, wenn keine Synchronisation durchgeführt wird: Statt eines rechteckigen Rasters entsteht ein stark verzerrtes Raster mit ausgefranst Rändern. Mit aktiver Synchronisation wird dasselbe Raster-

möglich. Die Synchronisation wurde sowohl für flächige Rasterbearbeitung als auch für allgemeinere Vektor-Anwendungen erfolgreich demonstriert. Die vorgestellten Ergebnisse entstanden im Rahmen des von der EU geförderten Projekts SOLASYS, Grant agreement number 219050 (FP7/2007-2013).

## KONTAKT

Scanlab AG  
[www.scanlab.de](http://www.scanlab.de)