

# Burst spart Zeit

**MIT ULTRAKURZPULS-Lasern** erreicht man in der Mikrobearbeitung die Grenzen des derzeit technisch Machbaren – bisher freilich unter viel Zeitaufwand.

Um Werkstoffe mit Laserpulsen effizient zu bearbeiten, sollte ein möglichst großer Anteil der Laserenergie in Abtragsleistung umgesetzt werden. Je nach Werkstoff läuft die Bearbeitung dann am effizientesten, wenn das Material mit Laserpulsen einer speziell darauf abgestimmten Energiedichte bearbeitet wird. So wird zum Beispiel bei Hartmetall die beste Abtragsrate mit Energiedichten um  $1 \text{ J/cm}^2$  erreicht. Industriell verfügbare Lasersysteme liefern heute mittlere Leistungen bis  $150 \text{ W}$  bei einigen Pikosekunden Pulslänge. Die Maximalenergie des Einzelpulses liegt aktuell bei  $500 \mu\text{J}$ , womit Energiedichten bis  $900 \text{ J/cm}^2$  erzeugt werden.

Pulsfrequenz entsprechend auch die Scannergeschwindigkeit gesteigert werden, um den Pulsüberlapp konstant zu halten und einen gleichmäßigen Abtrag sicherzustellen.

Heutige Scannersysteme für universelle Materialbearbeitungen können aber nicht mit einer Schnelligkeit von mehreren  $10 \text{ m/s}$  gefahren werden. Außerdem resultiert eine Verdoppelung der Verfahrensgeschwindigkeit des Scanners nicht zwangsläufig in einer Halbierung der Prozesszeit. Totzeiten durch Beschleunigungs- und Bremsstrecken schränken eine mögliche Skalierung signifikant ein.

Daneben spielen auch prozesstechnische Umstände eine wichtige Rolle. Bei der Bearbeitung von Werkzeugstählen mit Laserpulsen von einigen Pikosekunden zum Beispiel zeigt sich die effizienteste Fluenz im Bereich von  $100 \text{ mJ/cm}^2$ . Diese Energiedichte liegt jedoch nahe an der Abtragschwelle, weshalb es beim Schmelzen und Verdampfen des Materials zu Instabilitäten kommen kann, die sich etwa als unerwünschte Deformationen manifestieren. Eine hohe Abtragsleistung bei zugleich hoher Oberflächenqualität lässt sich daher bei Werkstoffen, deren Schwellenfluenz nahe der effizientesten Fluenz liegt, mit den gängigen Strategien kaum erreichen.

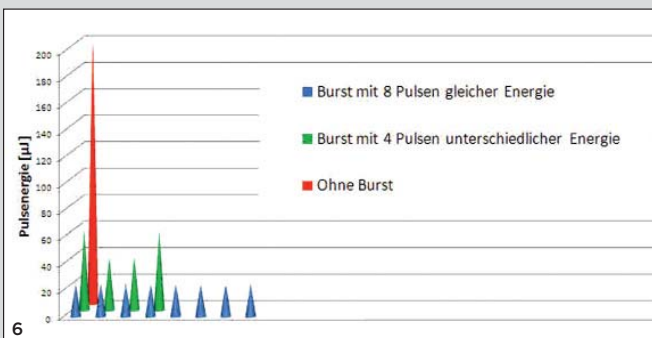
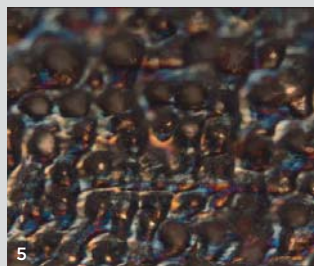
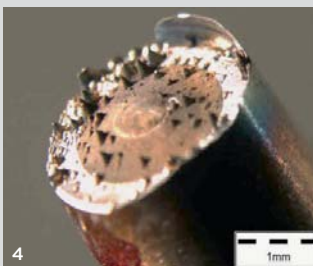
Damit kann man zwar gut bohren und schneiden, doch wird die Energiedichte, bei der der Abtragsprozess sein Effizienzmaximum erreicht, um den Faktor 1000 überschritten. Der damit verbundene Energieüberschuss führt zu unerwünschten Effekten wie Schmelze, Grat- oder Lunkenbildung.

## Beschränkte Skalierung herkömmlicher Systeme

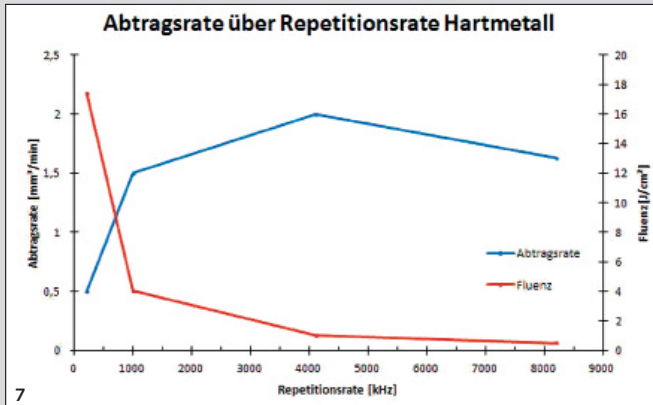
Um abtragende Prozesse effizient umzusetzen, werden daher Lasersysteme benötigt, die es aufgrund hoher Repetitionsraten erlauben, mit der für das jeweilige Material idealen Energiedichte eine hohe mittlere Leistung zu liefern. Theoretisch ließe sich auf diese Weise die Abtragsrate skalieren, praktisch sind einer solchen Skalierung jedoch sowohl system- als auch prozesstechnische Grenzen gesetzt: So müsste bei einer Erhöhung der

## Auftrennung der Energiedichte als Alternative

Eine Möglichkeit, diese system- und prozessbedingten Einschränkungen bei der Mikrobearbeitung zu umgehen, stellen flexible Pulszüge, auch Bursts genannt, dar. Damit ist die



Bildquelle: GFH



1, 2 Das Burst-Verfahren ermöglicht eine optimale Abtragsrate; hier 180 mm<sup>3</sup>/h. 3 GFH hat die Option für den Burst-Modus in die Steuerung der Laser-Mikrobearbeitungszentren integriert, so dass alle neuen Anlagen mit geeigneter Strahlquelle nach Bedarf umgestellt werden können. 4, 5 Fehler durch zu geringe oder zu hohe Laserfluenz. 6 Im Burstmodus wird die hohe Energiedichte in Einzelpulse aufgelöst. 7 Ermittlung der maximalen Abtragsrate: 2 mm<sup>3</sup>/min bei 4,2 MHz (36 W Laserleistung)

Aufspaltung eines einzelnen Laserpulses in mehrere kurz aufeinanderfolgende Burstpulse gemeint. Jeder Einzelpuls kann in zwei bis acht aufeinanderfolgende Teile getrennt werden; die ursprüngliche Energiedichte verteilt sich entweder gleichmäßig oder wird vom System in Stufen von 0 bis 255 für jeden einzelnen Burstpuls spezifisch konfiguriert. Die Abfolge der einzelnen Pulse liegt im Bereich von 12,5 ns.

Die dazu nötigen Regulierungsfunktionalitäten hat die Deggendorfer GFH GmbH jetzt standardmäßig in ihre Anlagensteuerung »GL.control« integriert. Auf diese Weise können alle neuen Lasermikrobearbeitungszentren, deren Strahlquellen dafür geeignet sind, je nach Bedarf in den

Burst-Modus umgeschaltet werden.

Um den Benutzer zu unterstützen, werden sämtliche relevanten Prozessparameter in einem grafischen Bedieninterface leicht verständlich dargestellt, sodass die individuelle Einstellung erleichtert wird. Zusätzlich sind aber auch diverse vordefinierte Standard-Parametersätze für verschiedene Werkstoffe verfügbar, die bereits auf gewisse Zielgrößen, etwa hinsichtlich Abtragsrate oder Rauheit, abgestimmt sind und direkt übernommen werden können.

Durch die damit mögliche Aufspaltung der Laserenergie werden zum einen die prozesstechnischen Probleme mit bestimmten Werkstoffgruppen in einen Bereich verschoben, der eine zuverlässige und präzise Bearbeitung mit hoher Abtragsleistung ermöglicht. Zum anderen entsprechen die Pulspausen im Burst-Modus jenen im Standardbetrieb ohne Burst, wodurch handelsübliche Scanner eingesetzt werden können. Generell sind mit dieser Bearbeitungsstrategie Abtragsraten bis 3 mm<sup>3</sup>/min bei einer Oberflächenrauigkeit unter 0,5 µm R<sub>a</sub> möglich. Selbst komplexere Geometrien mit Rundungen und unterschiedlichen Vertiefungen und einem Gesamtvolumen von 180 mm<sup>3</sup> lassen sich so innerhalb einer Stunde bei gleichbleibend hoher Qualität und ohne unerwünschte Materialveränderungen erzeugen.

## HINTERGRUND

GFH wurde 1998 gegründet und hat ihren Sitz in Deggendorf in Niederbayern. Die Kompetenzen reichen von der Prozessentwicklung über die Prototypen- und Kleinserienfertigung in der **MIKROTECHNIK** bis zu Entwicklung und Bau von Sondermaschinen nach Kundenwunsch. Der Unternehmensverbund beschäftigt 140 Mitarbeiter und ist weltweit in über 15 Ländern vertreten.

[www.gfh-gmbh.com](http://www.gfh-gmbh.com)