

# Spezialfasern für die Laserstrahlablation

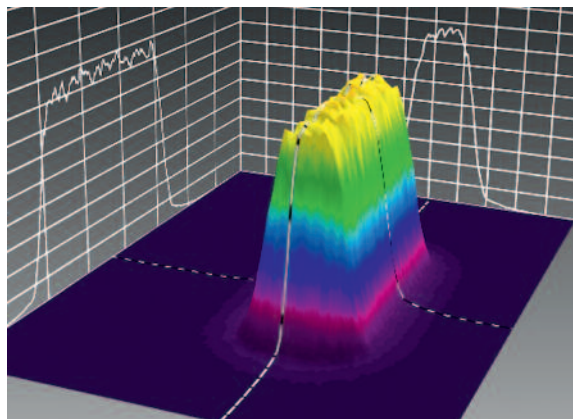
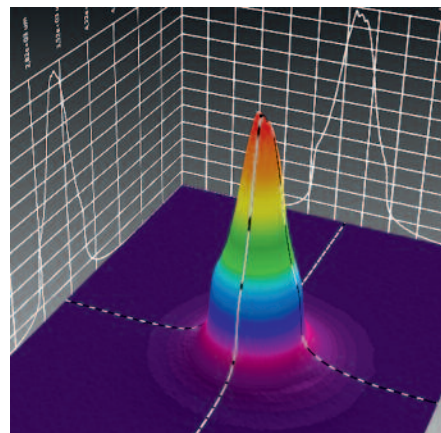


Bild 1 • Bei der Laserablation im Zuge der Schweißvorbereitung werden heute rechteckige Flat-Top-Strahlprofile bevorzugt. (alle Bilder: CeramOptec GmbH, Bonn)

Bild 2 • Ausgangsstrahl eines Lasers mit annähernd gaußförmiger Intensitätsverteilung, gut zu erkennen ist der energetische Peak in der Strahlmitte.



Schweißprozesse im Karosseriebau bedürfen umfassender Vorbereitung. Eine besondere Herausforderung sind dabei die Antikorrosionsbeschichtungen von Stahlbauteilen: Sie bestehen meist aus einer Aluminium-Silicium-Legierung, die im Schmelztauchverfahren auf die Bauteile aufgetragen wird und sich durch hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber Schmutz und Feuchtigkeit auszeichnet. Einem gründlichen Durchschweißen der Karosserieteile ist diese Beschichtung jedoch abträglich, weshalb sie im Bereich der Schweißnähte wieder entfernt werden muss. Als effektives und schonendes Verfahren hat sich hierbei die Laserstrahlablation etabliert. Sie ermöglicht es, die Beschichtung sauber abzutragen, ohne dabei Schäden an den Oberflächen zu verursachen. Als Strahlquellen werden für gewöhnlich gepulste Dioden- oder Scheibenlaser mit Leistungen im drei- bis vierstelligen Wattbereich verwendet. Für welchen Lasertyp und welche Auslegung sich der Anwender entscheidet, hängt von der konkreten Anwendung und den jeweiligen Prozessanforderungen im Hinblick auf Leistung, Strahlqualität und Energieeffizienz ab.

## Rechteckige Flat-Top-Strahlen bevorzugt

Über die jeweils eingesetzte Strahlquelle hinaus spielt bei der Laserstrahlablation aber auch das Profil des Laserstrahls eine wichtige Rolle. Am wirksamsten lässt sich dieses Verfahren nachweislich mit Hilfe von Laserstrahlen durchführen, die ein rechteckiges Flat-Top-Profil aufweisen, Bild 1. Das hat zwei Gründe: Zum einen besitzen diese Strahlen über die gesamte Brennfläche hinweg eine einheitliche Intensitätsverteilung und ermöglichen dadurch eine gleichmäßi-

ge Werkstoffbearbeitung. Zum anderen geht mit rechteckigen Strahlprofilen stets eine rechteckige Brennfläche einher, wodurch es in der Oberflächenbearbeitung zu deutlich weniger Überlappungen kommt als bei kreisförmigen Strahlprofilen. Dank dieser beiden Pluspunkte ermöglichen rechteckige Flat-Top-Strahlen letztlich eine effizientere und damit schnellere und kostengünstigere Prozessführung als jeder andere Laserstrahltypus. In der schweißvorbereitenden Laserstrahlablation werden deshalb heute zunehmend Laser mit diesem Strahlprofil eingesetzt.

Um auf Laserstrahlen mit rechteckigem Flat-Top-Profil zurückgreifen zu können, sind allerdings spezielle Maßnahmen nötig. Denn jede herkömmliche Laserstrahlquelle erzeugt einen kreisförmigen bis elliptischen Strahl mit annähernd gaußförmiger Intensitätsverteilung. Der Laserstrahl besitzt infolgedessen eine kreisförmige oder elliptische Brennfläche und weist außerdem in der Mitte einen energetischen Peak auf, Bild 2, sodass er den Werkstoff nicht über die gesamte Brennfläche hinweg mit derselben Intensität bestrahlen kann. Das rechteckige Flat-Top-Profil lässt sich also nicht direkt aus der Strahlquelle beziehen, sondern muss erst durch gezielte Strahlformung generiert werden. Hierfür werden überwiegend hochkomplexe Formungsoptiken verwendet. Zur Vereinheitlichung der Intensitätsverteilung dienen sogenannte Homogenisatoren, zum Beispiel Mikrolinsen-Arrays oder diffraktive optische Elemente. Sie modifizieren die Phasen und Amplituden der Lichtwellen und heben so die gaußförmige Intensitätsverteilung zugunsten einer homogenen Verteilung auf. Um eine rechteckige Strahlgeometrie zu erzeugen, werden darüber hinaus

weitere optische Komponenten wie teilreflektierende Spiegel und strukturierte Blenden eingesetzt. Sie lenken Teile des Strahles um, blocken andere ab und gewährleisten so die gewünschte Geometrie.

## Einsatz von Formungsoptiken mit Nachteilen behaftet

Obleich der Einsatz von Strahlformungsoptiken eine etablierte, in der Praxis schon vielfach bewährte Lösung ist, weist dieser Ansatz jedoch technische und damit verbunden auch wirtschaftliche Nachteile auf. Denn wer optische Elemente in den Strahlengang integriert, muss eine Verringerung der Lichtausbeute und damit einen Leistungsverlust hinnehmen. Wie hoch dieser Verlust ausfällt, kann nicht pauschal bestimmt werden, sondern hängt von Anzahl und Art der für eine Anwendung benötigten Formungsoptiken ab. Kritisch ist hier vor allem der Prozess der Homogenisierung. Macht man von der einfachsten Methode Gebrauch und nutzt hierfür Blenden, die nur den zentralen Bereich des Strahles durchlassen, gehen bis zu 75% der Laserstrahlleistung verloren. Deutlich effektiver sind diffraktive optische Elemente; auch hier beträgt der Leistungsverlust aber noch immer rund 30%. Lediglich bei Mikrolinsenarrays ist es laut den Angaben einiger Hersteller gelungen, die Leistungsverluste auf einen vertretbaren Bereich von etwa 10% einzugrenzen. Dieses Plus in Sachen Energieeffizienz muss der Anwender dann allerdings mit hohen Investitionskosten erkaufen. In der Anschaffung prinzipiell nicht gerade günstig und insofern ein belastender Kostenfaktor, verteuern sich die Homogenisatoren bei steigender Leistungsfähigkeit noch einmal zusätzlich. Darüber hinaus

müssen Nutzer noch die Anschaffungskosten und Leistungsverluste einkalkulieren, die durch Optiken zur Erzeugung rechteckiger Strahlprofile verursacht werden. Auf Formungsoptiken zu setzen, wirkt sich also insgesamt negativ auf die Investitions- und Betriebskosten einer Laseranwendung aus.

### Glasfasern mit rechteckiger Kerngeometrie als wirtschaftlichere Alternative

Vor diesem Hintergrund hat sich das Interesse einiger Anwender in letzter Zeit verstärkt auf eine alternative Möglichkeit zur Erzeugung rechteckiger Flat-Top-Profile gerichtet, nämlich den Einsatz von Glasfasern mit rechteckiger Kerngeometrie, Bild 3. Diese sogenannten NCC-Fasern (Non Circular Core Fibers) übernehmen im Gegensatz zu klassischen Rundkernfasern einen aktiven Part in der Strahlformung. Ihre Kerngeometrie regt alle optischen Moden an und homogenisiert so die Intensitätsverteilung. Dieser sogenannte Mode-Scrambling-Effekt tritt bereits nach einer Faserlänge von wenigen Zentimetern ein, sodass keine langen Faserstrecken eingeplant werden müssen. Da der Faserkern im Zuge des Mode-Scrambling vollständig ausgefüllt wird, tritt am Faserende letztlich ein annähernd recht-

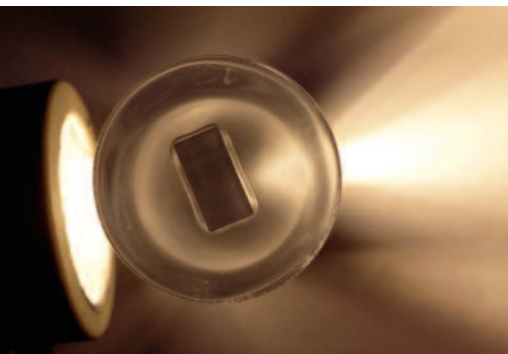


Bild 3 • Glasfaser mit rechteckiger Kerngeometrie.

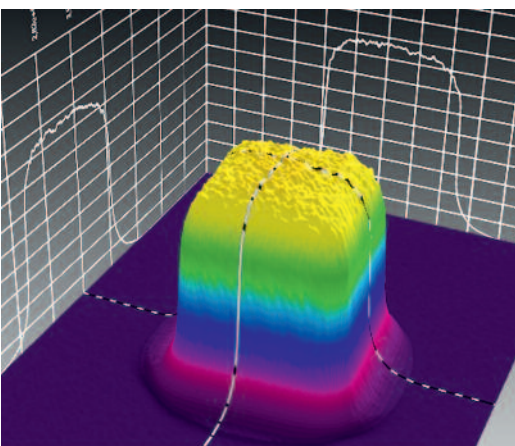


Bild 4 • Intensitätsverteilungen in der Fokusebene bei einer NCC-Faser mit Kernmaßen von 800 µm x 800 µm.

eckiger Flat-Top-Strahl mit entsprechender Brennfläche aus, Bild 4. Zwar sind zur Schärfung der rechteckigen Brennflächegeometrie noch immer gewisse Formungsoptiken notwendig, jedoch in weit geringerem Umfang als bei Rundkernfasern. Die durch optische Komponenten verursachten Leistungsverluste werden somit deutlich minimiert, was sich entsprechend positiv auf die Betriebskosten auswirkt. Da NCC-Fasern merklich günstiger sind als Formungsoptiken, reduzieren sich zudem auch die Investitionskosten. Diese Einspareffekte werden dabei nicht durch Nachteile auf anderen Ebenen erkauft. In puncto Leistungsaufnahme etwa unterliegt der Einsatz der Fasern keinen nennenswerten Einschränkungen: Quadratkernefasern von 600 µm x 600 µm Kerngeometrie beispielsweise können unter Produktionsbedingungen eine Leistung von über 10 kW transportieren und lassen sich infolgedessen ohne weiteres auch in Verbindung mit Hochleistungs-Diodenlasern nutzen.

Anwender, die auf Fasern mit orthogonalen Kernen setzen, können heute bereits auf eine Vielzahl von Faserkonfigurationen zurückgreifen. Hersteller wie CeramOptec bieten derzeit NCC-Fasern mit Gesamtdurchmessern von 50 bis 2000 µm und Kern-Mantel-Verhältnissen von bis zu 1:20 an. Die Kerne aus fluordotiertem Quarzglas lassen sich individuell gestalten. Am gängigsten sind derzeit Seitenverhältnisse von 1:1 bis 1:4 bei Kantenlängen zwischen 15 und 1300 µm. Darüber hinaus sind auch Spezialanfertigungen möglich, wie beispielsweise Homogenisierungsstäbe, die in einigen Laserstrahlablationssystemen als optische Komponente eingesetzt werden. Bei diesen mit einer Antireflexionsbeschichtung versehenen und oft etwa 1,5 cm langen Stäben werden rechteckige Kerne mit Kantenlängen von mehreren Millimetern realisiert. Welches Faserdesign am besten auf die individuelle Anwendung passt, sollte nach Möglichkeit im Rahmen einer ausführlichen Beratung und mit Hilfe spezieller Testläufe ermittelt werden. So ist sichergestellt, dass der Ablationsprozess auch bei Einsatz der neuen Technik gewohntermaßen reibungslos funktioniert. (Nach CeramOptec, Bonn)

In the eye of the  
**TIG**er

- **Unverwüstliche Spannschalen**  
Lebenslange Garantie
- **Ultimative Qualität**  
100%ige Rückverfolgbarkeit
- **Autoprogrammierung**  
mit intuitiver, graphischer MMS\*

\*Mensch-Maschinen-Schnittstelle

## ORBITAL-SCHWEISSEN



**BrauBeviale 2016**

Raw Materials | Technologies  
Logistics | Marketing  
Nuremberg, Germany

**Halle 6  
Stand 449**

08. - 10. Nov.



[www.polysoude.com](http://www.polysoude.com)