

# Innovative Faserkopplung für Hochleistungslaser

**In den letzten Jahren wurden neue Laser und Lasersysteme auf den Markt gebracht. Dabei spielen die Fasern eine immer wichtigere Rolle, sei es, um sie zu Faserlasern zu verarbeiten oder als Transportfaser, die den Laserstrahl zum Applikationsort bringen. Doch die Entwicklung der Fasern und insbesondere deren Verbindungselemente werden seit Jahren vernachlässigt.**

Diese Marktnische nutzt jetzt Roland Berger. Er hat eine neue Faserkopplung, bestehend aus Kegelprisma, dynamischer Kabelzugentlastung und Kühlung mit Reinigungseffekt entwickelt und vermarktet sie jetzt. Dazu gründete er vor etwa acht Wochen eine eigene Firma mit dem Namen Light of Future. Sie ist in Buchendorf bei Gauting angesiedelt. Wir sprachen mit ihm über seine Innovationen.

**LASER MAGAZIN:**

*Wie kamen Sie auf die Idee, diese Firma zu gründen?*

**Roland Berger:**

Ich habe 22 Jahre Berufserfahrung in Strahlführungssystemen in der Lasertechnik. Seit mehr als elf Jahren bin ich in der Grundlagenentwicklung von Hochleistungspulslasern tätig. Natürlich spielen in diesem Zusammenhang auch Fasern eine wichtige Rolle.

Es gibt zwar viele Innovationen im Bereich der Laser und Lasersysteme, die Weiterentwicklung der Faser jedoch wird sehr stiefmütterlich behandelt. In meinen Augen herrscht auf diesem Gebiet Stillstand. Deshalb habe ich mich vor etwa acht Jahren entschlossen, mich intensiv mit Fasern zu beschäftigen. Zu dieser Zeit habe ich bei der Firma Baasel Lasertechnik gearbeitet, die vor ca. sechs Jahren von der Firma Rofin übernommen wurde. Bei Baasel habe ich ein Kegelprisma entwickelt, das das Cladding der Faser vor schädlicher Laserstrahlung schützt. Das Patent auf das Kegelprisma haben mir Herr Baasel und Herr Langhans überlassen und ich habe es



▲ Roland Berger

zu einem marktfähigen Produkt weiterentwickelt.

**LASER MAGAZIN:**

*Wie arbeitet ein solches Kegelprisma?*

**Roland Berger:**

Das Kegelprisma ist eine kegelförmige Quarzglasscheibe mit einer Senkung und einem Loch in der Mitte. Am Fasereingang soll es dazu beitragen, dass auch wirklich nur Laserstrahlung durch das Loch in den Faserkern geleitet wird. Gleichzeitig schirmt es das Cladding gegen Reflexionen und bei Veränderungen des Laserstrahls ab. Wenn Strahlung ins Cladding eindringt, erwärmt sich die äußere Schutzschicht, die aus einem Silikon-Buffer und einem Nylon-Jacket besteht, und zerstört die Faser. Deshalb sollte möglichst keine Strahlung ins Cladding eindringen. Mit Hilfe des Kegelprismas wird diese Strahlung zweifach um 90° durch

Totalreflexion umgelenkt und aus dem Stecker zurückreflektiert, wo sie in einem Absorber aufgenommen werden kann.

Am Faserausgang schützt das Kegelprisma vor allem vor den Rückreflexionen, die vom Werkstück zur Faser zurückkommen. Auch hier bewirkt es, dass die Strahlung nur in den Faserkern geleitet wird, nicht aber ins Cladding.

Die Herstellung eines solchen Kegelprismas ist nicht einfach: Man muss kleine präzise Löcher in einen Quarzblock bohren, durch die die Strahlung in den Faserkern gelangt. Durch diese Blendenwirkung kann mehr Lichtenergie in die Faser zwangseingekoppelt werden. So kann man mit geringem Aufwand eine große Wirkung in Bezug auf die Steigerung der Leistungsübertragung erzielen.

Bei Lasern mit schlechter Strahlqualität können durch das Kegelprisma unerwünschte Randstrahlen ausgeblendet werden, wodurch eine bessere Strahlqualität erzielt wird.

**LASER MAGAZIN:**

*Doch das ist nicht die einzige Innovation. Welche Aufgabe hat die dynamische Zugentlastung?*

**Roland Berger:**

Anfangs habe ich die Faser einfach zentrisch zum Kegelprisma positioniert und am Kunststoff-Jacket aufgeklebt. Doch dann habe ich sehr schnell gemerkt, dass die Faser bei höheren Temperaturen von etwa 36°C und bei hoher Luftfeuchtigkeit wegwandert und so der Faserkern nicht mehr zentrisch zum Loch ist. Dieser Vorgang stellte sich jedoch als reversibel heraus; das heißt, bei niedrigeren Temperaturen wandert die Faser wieder in die Ausgangslage zurück.

Das brachte mich auf die Idee, die



#### ▲ Blick in die Faserstecker mit dem Kegelprisma

dynamische Kabelzugentlastung zu konstruieren. Sie sorgt bei Temperaturänderungen für einen Längenausgleich zwischen dem Quarzglas und dem Kunststoff. Wenn sich der Kunststoff ausdehnt oder zusammenzieht, wird der Radius der Kurve größer oder kleiner. Ich nenne das sehr gerne ein Atmen des Systems. Microbending-Erscheinungen werden so eliminiert, und die Faser ist in diesem System sanft aufgehängt. Die Strahlqualität wird nur minimal verringert. Das Abstrahlverhalten bleibt selbst dann homogen, wenn ich das Kabel vor dem Stecker hin und her biege.

Das ist besonders bei Schweißanwendungen wichtig. Denn ändert sich das Abstrahlverhalten, indem sich Spiralen, Löcher oder Donuts bilden, erhält man kalte Stellen im Schweißspot, was zu einer qualitativ unzureichenden Schweißnaht führen kann. Auch diese Entwicklung habe ich mir patentieren lassen.

#### LASER MAGAZIN:

*Weiterhin haben Sie eine Kühlung mit Reinigungseffekt für den Stecker entwickelt. Erzählen Sie uns etwas darüber!*

#### Roland Berger:

Wenn man bei gepulsten Lasern mit Leistungen über 250 bis 300 Watt arbeiten will, muss man die Optiken und deren Umgebung im Ein- und Auskoppelbereich kühlen. Ich habe mich für eine Luftkühlung entschieden, da so ein Temperaturbereich von  $-20^{\circ}\text{C}$

bis  $+300^{\circ}\text{C}$  für die Optiken erschlossen werden kann; gleichzeitig vermeide ich so die Bildung von Spannungsrisen in den optischen Bauteilen, die bei einer Wasserkühlung auftreten können.

Außerdem kann ich mit Hilfe des Luftstroms die Ein- und Austrittsfläche des Faserkerns von Partikeln befreien, denn

dort sind Verschmutzungen besonders kritisch. Zu diesem Zweck werden durch Düsen im Bereich zwischen Schutzglas und Kegelprisma Einzelluftstrahlen auf die optische Achse gerichtet. Aus dieser Mitte heraus entstehen zwei Luftsäulen. Eine wirkt direkt senkrecht gegen das Schutzglas, die zweite senkrecht gegen den

Kern. Damit habe ich eine effiziente Kühlung und gleichzeitig Reinigung. Kleine Fremdpartikel, die beim Konfektionieren ins Innere geraten können, lassen sich so einfach wegblasen. Anhaftende Diamantkörner und Trockenflecken werden durch den Laser entfernt.

Die Krönung aber ist: Ich habe diese Technik einer Produktionsstätte übergeben, die keine Erfahrung mit der Reinigung von Optiken hatte. Als ich die fertige Faser zurückbekam, war der Kern mit mindestens hundert Diamantkörnern verschmutzt. Ich habe versucht, sie mit dem Laser zu entfernen, was jedoch nicht gelang. 70% der Fläche waren zerstört, der restliche Anteil der Fläche war noch sehr glatt poliert. Das Sensationelle aber war, dass dieser Laser bei 17% Verlust immer noch mit 400 Watt Pulsenergie auf dem Werkstück gearbeitet hat und der LWL nicht zerstört wurde. Das bedeutet, dass man mit einer langen

zünd precision optics  
**Eine neue Dimension**  
 Perfektion in Lasertechnik  
 und Optik

Schweizer  
 Qualitätsprodukte  
 für Laser-Technik,  
 Telekommunikation  
 und Messtechnologie.

Strahlteiler-  
 und Strahlumlenk-  
 Prismen in den  
 Größen von 1 mm  
 bis 40 mm.

Mühlackerstr. 72  
 CH-9436 Balgach  
 Switzerland  
 Tel. 0041 71 727 99 33  
 Fax 0041 71 727 99 30  
 www.zuendoptics.com

zünd precision optics



## ▲ LOF-Faserkopplung

Standzeit rechnen kann, weil durch die aktive Reinigung die Optiken sehr sauber gehalten werden.

### LASER MAGAZIN:

*Welche Vorteile ergeben sich mit dieser Faser?*

### Roland Berger:

Erste Tests habe ich mit einem Star-Weld 500 gemacht. Dieser Laser hat von allen handelsüblich verfügbaren Lasern die höchste Pulsspitzenleistung, nämlich 20 kW. Ich habe mit einer Pulsspitzenleistung von 18 kW in 10 ms und 5 Hertz gearbeitet. Dies entspricht 180 Joule pro Puls.

Mit diesem Laser habe ich sowohl Kupfer- als auch Aluminiumschweißungen gemacht und habe dann mit Zerstörungsversuchen die Faserstecker optimiert.

Ich denke, dass meine Faser noch wesentlich höhere Pulsspitzen verträgt, ohne kaputt zu gehen. Es handelt sich also um eine sehr robuste Faser für den Einsatz im Hochleistungsbereich.

### LASER MAGAZIN:

*Wie weit ist denn die Entwicklung ihrer Faser gediehen?*

### Roland Berger:

Ich habe schon einen Kunden, der mit der Faser arbeitet und sehr zufrieden ist. Er kann beim Einkoppeln die gesamte vom Laser erbrachte Leistung

in den Stecker einstrahlen und unter Hochleistung optimieren. Alle anderen Hersteller koppeln, um nicht zu viel Strahlung ins Cladding einzubringen, nur über 60 bis 80% vom Durchmesser des Kerns ein, weil der Strahl sich aufweiten kann. Bei mir kann man das Einkoppeln unter Volllast und Ausnutzung der gesamten Fläche durchführen. Es kann nichts passieren.

Eine weitere große Firma aus der Automobilindustrie zeigt großes Interesse an der Faser und wird sie wohl auch kaufen. Ich selbst leiste die Entwicklungsarbeit und kümmere mich um den Vertrieb. Die Fasern lasse ich fertigen. Natürlich hoffe ich, dass die Nachfrage weiter steigt. Das Interesse ist schon jetzt groß.

### LASER MAGAZIN:

*Was kostet eine solche Faser?*

### Roland Berger:

Die Faser kostet zurzeit etwas mehr als eine konventionelle. Üblicherweise hat sie eine Länge von zehn Metern und einen Kerndurchmesser von 400 µm. Ich liefere aber auch Fasern mit Kerndurchmessern von 200 µm und 600 µm. Das sind Standardabmessungen.

Die geringen Mehrkosten beim Anwender amortisieren sich in der Fertigung jedoch schnell, da eine bessere Schweißqualität, höhere Schweißgeschwindigkeit und wesentlich längere Standzeiten erreicht werden können.

## LASER MAGAZIN:

*Wie kann das Kegelprisma den Faserlaser schützen?*

### Roland Berger:

Wenn man Werkstücke mit sehr hohen Rückreflexionen mit dem Faserlaser bearbeitet, zum Beispiel aus Aluminium oder Kupfer, besteht die Gefahr, dass die Strahlung in die Faser zurückfokussiert wird und diese zerstört. Zurzeit verhindert man das durch einen so genannten Faradayisolator, der die Strahlung abhält. Meine Erfahrungen mit den Transportfasern lassen sich auf den Faserlaser übertragen. Denn hier kann ich auf einer Seite die Strahlung über ein Kegelprisma einbringen und so die Überstrahlungs-Effekte vom Cladding fernhalten.

Entscheidend ist jedoch die Ausgangsseite. Auch dort kann ein Kegelprisma vorgesehen werden. Wenn ich beispielsweise eine aktive Faser mit einem Außendurchmesser von 500 µm, einem Pumpkern von 200 µm und einem Arbeitskern von 20 µm habe, sorgt das Kegelprisma dafür, dass nur die Arbeitsstrahlung aus dem Faserlaser rauskommt. Das Loch im Kegelprisma ist sehr klein gegenüber dem 500 µm Außendurchmesser des Claddings. Wenn man in einer einfachen Rechnung die Fläche des größeren Durchmessers in Beziehung zur Fläche des kleineren Durchmessers setzt, erhält man einen Faktor 625, den man durch ein solches Kegelprisma erreichen kann. Meine Optik stellt neben dem besagten Faradayisolator weltweit den zweiten Reflexionsschutz für Faserlaser dar.

*Vielen Dank für das Gespräch!*

## ■ INFO

Kontakt:  
Dipl.-Ing. Roland Berger  
Light of Future  
Johann-Schmid-Straße 3  
D-83125 Eggstätt  
Tel. 08056/2699996  
E-Mail: roland.berger@light-of-future.de  
www.light-of-future.de