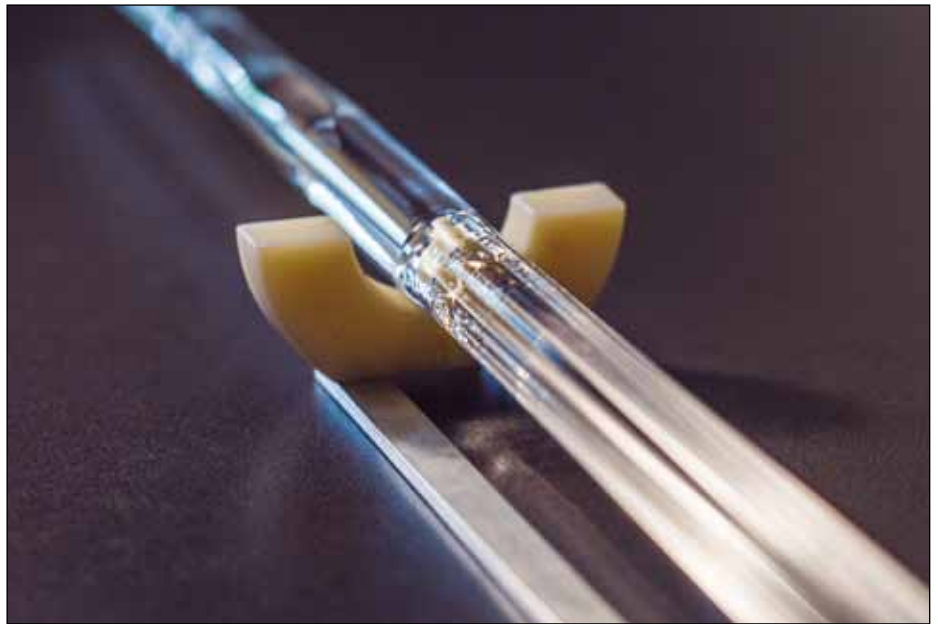


# Vom Glaspartikel zum Laserspot

**Dass die Herstellungstechnik entscheidenden Einfluss auf die Eigenschaften von Lichtleitern hat, wird bei der Debatte um Fasern für Laseranwendungen oft übersehen. Je nachdem, wie eine Faser gefertigt wurde, können sich jedoch deutliche Unterschiede zeigen – etwa bei der Dämpfung oder im Solarisationsverhalten.**

In zahlreichen Laserapplikationen spielen Glasfasern eine tragende Rolle. Sie transportieren das Licht von der Strahlquelle zum Werkstück und übernehmen zum Teil sogar die Aufgabe, Strahlen aktiv zu formen. Bei faserabhängigen Laserapplikationen wird dementsprechend regelmäßig über Pro und Contra der verfügbaren Fasertypen diskutiert. Nur selten kommen dabei allerdings Verfahrensunterschiede in der Herstellung der Fasern zur Sprache. Sofern die Fertigung überhaupt thematisiert wird, beschränken sich die Verweise zumeist auf das weithin standardisierte Ausziehen der Faser im Faserziehturm. So gut wie keine Beachtung finden hingegen die verschiedenen Wege zur Erzeugung der Preform – jenes Glasrohlings also, der im Ziehturm bei etwa 2000 °C aufgeschmolzen und zur fertigen Faser ausgezogen wird. Dieses Aufmerksamkeitsdefizit ist nicht unkritisch. Denn der Aufbau der Preform, der durch gasphasenbasierte Abscheidung von Quarzglas ( $\text{SiO}_2$ ) auf einem Substrat realisiert wird, bildet den Mittelpunkt der Faserproduktion. Er entscheidet über alle Eigenschaften der späteren Faser (wie etwa Kern- und Mantelgeometrie, Brechungsindex oder Numerische Apertur), wohingegen das Faserziehen auf die Glasfaserqualität fast keinen Einfluss mehr hat und im Grunde nur eine maßstäbliche Verkleinerung des Rohlings darstellt. Dennoch werden selbst die beiden gängigsten Preform-Herstellungverfahren – die plasma-gestützte außenseitige Gasphasen-



▲ **Achteckige Preform mit Handstück.**  
Bild: CeramOptec

abscheidung (Plasma Outside Vapor Deposition/POVD) und die plasmagestützte chemische Gasphasenabscheidung (Plasma Chemical Vapor Deposition/PCVD) – nur selten mit Blick auf die Anwendungszusammenhänge der Fasern erörtert.

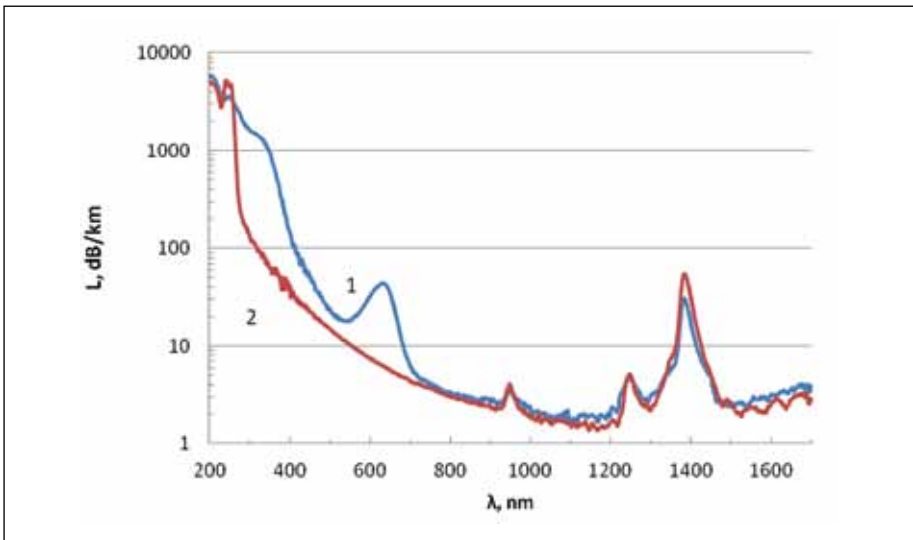
Dass die Preformherstellung insgesamt recht wenig diskutiert wird, kommt indessen nicht ganz von ungefähr. Denn auf den ersten Blick ist die Wahl der Herstellungstechnologie vor allem für Faserhersteller von Bedeutung, da von ihr oft die Wirtschaftlichkeit der Produktion abhängt. So ist beispielsweise bekannt, dass hochgradig fluorin-dotiertes Quarzglas mit dem PCVD-Verfahren etwa sechsmal so schnell aufgebaut werden kann wie mit der POVD. Umgekehrt ist die aufwandsärmere POVD effizienter im Aufbau von Preformen aus reinem oder schwach dotiertem Quarzglas. Auf die Fasereigenschaften hat all das freilich nur begrenzten Einfluss, da sich alle gängigen Fasertypen grundsätzlich mit beiden Verfahren realisieren lassen. Dementsprechend fallen Anwendern oft keine Qualitätsunterschiede zwischen POVD- und PCVD-

basierten Fasern auf. Insbesondere bei der aktuell am meisten nachgefragten Faser, der Stufenindex-Quarzglasfaser mit  $\text{NA} = 0,22$ , scheinen die Fasereigenschaften nicht von der Technik des Glasaufbaus abzuhängen. POVD- wie PCVD-basierte Stufenindex-Quarzglasfasern dieses Typs weisen fast identische Brechungsindizes auf und unterscheiden sich auch preislich kaum voneinander, da sie mit beiden Verfahren zu vergleichbaren Prozesskosten hergestellt werden können.

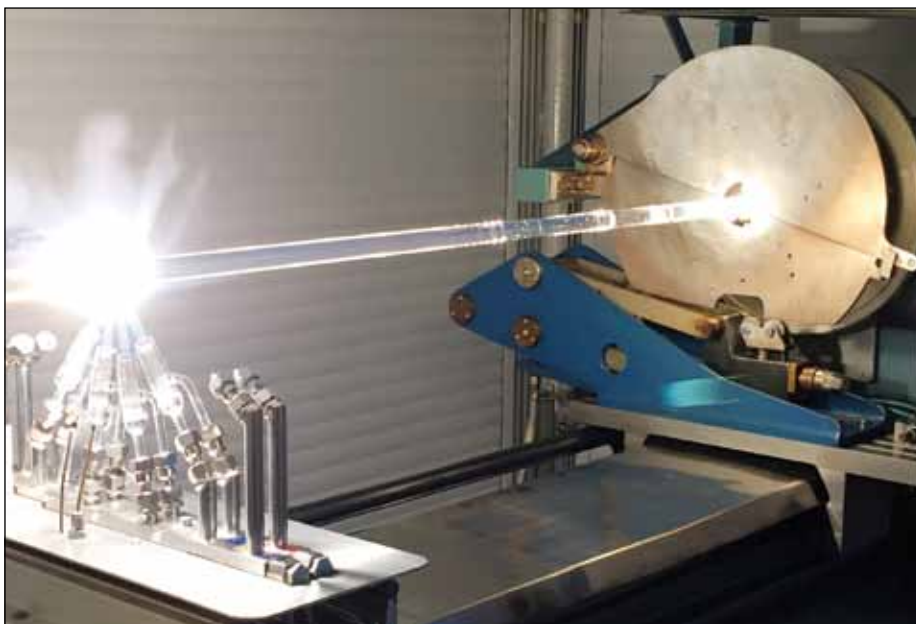
## **Preformherstellung beeinflusst Transmissionseigenschaften**

Gleichwohl erweist es sich selbst hier als Fehler, die Preformherstellung nicht zu beachten. Denn auch bei identischem Brechungsindex können Glasfasern abhängig vom Glasaufbauverfahren divergierende Transmissionsqualitäten aufweisen. Das zeigen unter anderem Prozessergebnisse von CeramOptec.

Der Bonner Glasfaserspezialist, dessen Produktion in Livani/Lettland angesiedelt ist, gehört zu den wenigen



▲ **Spektrale Dämpfung der Fasern WF125/160/250A NA = 0,22, Produktionsbedingungen:**  
T-Ofen = 2005 °C, V = 6 m/min, 1-POVD, 2-PCVD.  
Bild: CeramOptec



▲ **Bearbeitung des Quarzglasstabes mit dem Flammenbrenner.**  
Bild: CeramOptec

Herstellern weltweit, die sowohl POVD als auch PCVD einsetzen und so regelmäßig Vergleichsdaten erheben können. Zwar hat CeramOptec – wie fast jeder Hersteller von Fasern für industrielle und labortechnische Applikationen – bei POVD und PCVD individuelle Verfahrensarrangements entwickelt. Die Aussagekraft der Daten wird dadurch jedoch nicht beeinträchtigt, da diese Individualisierung die zentralen Prozessparameter nicht nennenswert verändert.

POVD und PCVD sind Aufdampftechnologien, bei denen die Reaktionsgase Tetrachlorsilan ( $\text{SiCl}_4$ ) und Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) in einen Plasmastrom eingeleitet werden und zu Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) – dem eigentlichen Quarzglas – sowie Chlor ( $\text{Cl}_2$ ) reagieren. Dotierungen werden mithilfe von Zusatzstoffen wie Fluor- oder Germaniumverbindungen realisiert.

Die konkreten Parameter der zwei Verfahren unterscheiden sich allerdings deutlich. Beim POVD-Prozess

erzeugt CeramOptec das Plasma mittels eines Hochfrequenz-Induktionsplasmabrenners. Er bewegt sich entlang eines Beschichtungsstabes, der als Abscheidungssubstrat für das Quarzglas dient. Die Temperatur erreicht bis zu 2100 °C, der Sauerstoffdruck liegt bei etwa 200 mbar.

Beim PCVD-Prozess hingegen kommt ein mikrowellengeneriertes Plasma zum Einsatz, das durch eine etwa 1100 °C heiße Temperaturzone überlagert wird. Das Plasma brennt hier mit einem Sauerstoffdruck von nur 4 mbar, was speziell beim Sintern fluordotierter Quarzschichten für geringe thermische Belastungen des Kernbereiches sorgt. Beide Aufdampftechnologien verhindern das Eindringen nennenswerter Wassermengen in das Kernmaterial, sodass die Herstellung ultratrockener WF-Fasern (WF = wasserfrei) mit garantiertem OH-Gehalt von <0,25 ppm möglich wird. Gleichwohl weisen WF-Fasern, die aus POVD- bzw. PCVD-basierten Preformen gezogen wurden, unterschiedliche spektrale Eigenschaften auf, die sich je nach Anwendung deutlich bemerkbar machen können.

### Unterschiede in Dämpfung und Solarisationsverhalten

In Applikationstests nach Abschluss der Faserproduktion wurde bei POVD-basierten Fasern eine erhöhte Dämpfung bei Lichtwellenlängen von 266, 330/340 und 640 nm festgestellt. Als Ursache ist die starke Erhitzung der Kernoberfläche während des Aufdampfens anzusehen. Sie führt dazu, dass während der Abscheidung Dioxygen ( $\text{O}_2$ ) – auch molekularer Sauerstoff genannt – in den Kernbereich diffundiert. Das befördert die Entstehung von Defektzentren aus nicht-brückenbildendem Sauerstoff (NBOHC), was die höhere Dämpfung bei 266 und 640 nm erklärt. Zudem reagiert Dioxygen mit den verschiedenen Chlorsilangruppen ( $\text{SiCl}$ ) und lässt so Dichlor bzw. molekulares Chlor ( $\text{Cl}_2$ ) entstehen, das die verstärkte Dämpfung bei 330/340 nm verursacht.



▲ **Preformen aus Quarzglas.**  
Bild: CeramOptec

Bei der PCVD können diese Probleme nicht auftreten, da das Verfahren bei weit geringeren Temperatur- und Luftdruckwerten abläuft. Eine erhöhte O<sub>2</sub>-Diffusion in den Kernbereich ist deshalb nicht festzustellen.

Eine weitere Folge der POVD-bedingten Dioxygen-Diffusion zeigt sich im UV-Bereich, wo meist Fasern mit hohem OH-Gehalt von etwa 1000 ppm eingesetzt werden. POVD- und PCVD-basierte Fasern erbringen hier zunächst dieselbe Transmissionsleistung, was sich jedoch mit zunehmender Einsatzdauer ändert. Denn die durch O<sub>2</sub>-Diffusion entstehenden NBOHC-Defektzentren absorbieren die UV-Strahlung und beschleunigen so die Solarisation – jenes schrittweise Abdunkeln, das langfristig jede UV-Faser als Lichtleiter unbrauchbar werden lässt. Dieser Effekt lässt sich auch bei PCVD-basierten Fasern nicht aufhalten. Da bei ihrer Herstellung jedoch keine Dioxygen-Diffusion stattfindet und sie daher weit weniger Defektzentren aufweisen, besitzen sie grundsätzlich eine höhere Solarisationsresistenz.

### Fazit

Abhängig vom Einsatzbereich ist es also selbst bei standardisierten Glasfaserprodukten von Bedeutung, mit welchem Glasaufbau-Verfahren die

Preform der Faser hergestellt wurde. Stellen bei einer Laseranwendung Dämpfungsspitzen bei 266, 330/340 sowie 640 nm ein Problem dar oder soll die Faser permanent im UV-Bereich eingesetzt werden, kann es sinnvoller sein, auf PCVD-basierte Lichtleiter zu setzen. In vielen anderen Fällen erweist sich aber auch die ausgereifte und präzise zu steuernde POVD als eine zuverlässige, allen Anforderungen vollauf genügende Fertigungstechnik, die exzellente, die Anwendung optimal unterstützende Ergebnisse erbringt.

Hersteller, die wie CeramOptec beide Verfahren einsetzen, haben den Vorteil, hier in keiner Hinsicht beschränkt zu sein. Sie können jederzeit zwischen beiden Technologien wählen und für ihre Kunden somit individuelle, exakt auf die Laseranwendung zugeschnittene Glasfasern entwickeln.

### ■ INFO

Kontakt:  
CeramOptec GmbH  
- a company of biolitec group -  
coop. with Ceram Optec SIA  
Siemensstr. 44  
53121 Bonn  
Tel.: 0228 979 67 0  
Fax: 0228 979 67 99  
E-Mail: sales@ceramoptec.com  
www.ceramoptec.com