

## LASERPOLIEREN VON GLAS UND KUNSTSTOFF



DQS zertifiziert nach  
DIN EN ISO 9001:2015  
Reg.-Nr. 069572 QM15

### Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Institutsleitung  
Prof. Constantin Häfner

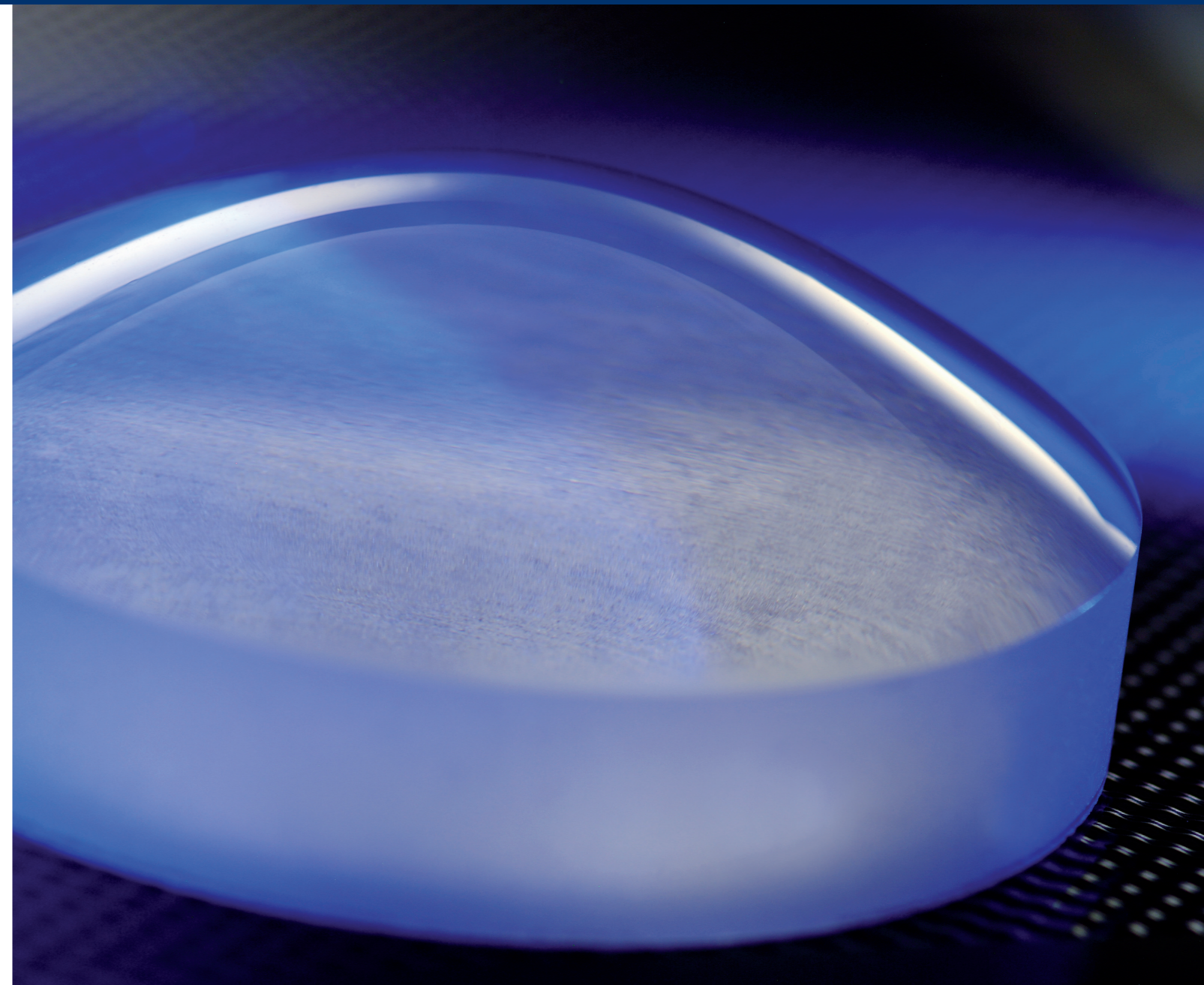
Steinbachstraße 15  
52074 Aachen  
Telefon +49 241 8906-0  
Fax +49 241 8906-121

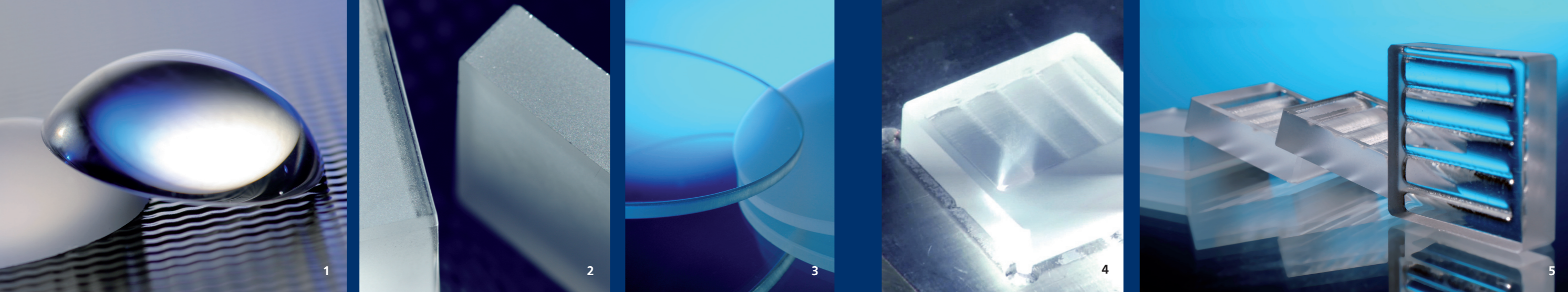
[info@ilt.fraunhofer.de](mailto:info@ilt.fraunhofer.de)  
[www.ilt.fraunhofer.de](http://www.ilt.fraunhofer.de)

### Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT zählt weltweit zu den bedeutendsten Auftragsforschungs- und Entwicklungsinstituten im Bereich Laserentwicklung und Laseranwendung. Unsere Kernkompetenzen umfassen die Entwicklung neuer Laserstrahlquellen und -komponenten, Lasermess- und Prüftechnik, sowie Laserfertigungstechnik. Hierzu zählen beispielsweise das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie das Oberflächenvergüten, die Mikrofertigung und das Additive Manufacturing. Weiterhin entwickelt das Fraunhofer ILT photonische Komponenten und Strahlquellen für die Quantentechnologie.

Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagentechnik, Digitalisierung, Prozessüberwachung und -regelung, Simulation und Modellierung, KI in der Lasertechnik sowie der gesamten Systemtechnik. Unser Leistungsspektrum reicht von Machbarkeitsstudien über Verfahrensqualifizierungen bis hin zur kundenspezifischen Integration von Laserprozessen in die jeweilige Fertigungslinie. Im Vordergrund stehen Forschung und Entwicklung für industrielle und gesellschaftliche Herausforderungen in den Bereichen Gesundheit, Sicherheit, Kommunikation, Produktion, Mobilität, Energie und Umwelt. Das Fraunhofer ILT ist eingebunden in die Fraunhofer-Gesellschaft.





## LASERPOLIEREN VON GLAS UND KUNSTSTOFF

Sowohl im Beleuchtungsbereich als auch bei abbildenden Optiken werden zunehmend Asphären und Freiformflächen verwendet. Dadurch wächst der Bedarf an anpassungsfähigen und schnelleren Polierverfahren für Optiken mit nichtsphärischer Oberfläche. Das am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT entwickelte Laserpolieren von Gläsern und Kunststoffen bietet unter anderem für diese Anwendung eine flexible und kostengünstige Alternative zu konventionellen Polierverfahren.

### Das Verfahren

Das Polieren von Glas- und Kunststoffmaterialien mit CO<sub>2</sub>-Laserstrahlung beruht auf der Absorption der Laserstrahlung in einer dünnen Randschicht des Werkstücks, so dass oberflächennah Temperaturen knapp unterhalb der Verdampfungstemperatur erreicht werden. Durch diese Aufheizung wird die Viskosität des Materials reduziert, so dass die Rauheit aufgrund der Oberflächenspannung ausfließt und geglättet wird. Die Innovation des Laserpolierens liegt im Vergleich zu konventionellen Polierverfahren in einem grundlegend unterschiedlichen Wirkprinzip: Glättung durch Umschmelzen anstelle von Materialabtrag. Dadurch erreicht die Laserpolitur unter anderem eine vorteilhafte kleinere Mikrorauheit.

Durch die entsprechende Wahl der Verfahrensparameter wie beispielsweise Vorheiztemperatur, Vorschubgeschwindigkeit und Intensitätsverteilung kann das Laserpolieren flexibel an nahezu jede Oberflächenform angepasst werden. Aufgrund der hohen Prozessgeschwindigkeiten von bis zu 1 cm<sup>2</sup>/s für Quarzglas und bis zu mehreren 10 cm<sup>2</sup>/s für Kunststoffe ist das Laserpolieren zusätzlich noch bis zu zwei Größenordnungen schneller als konventionelle Polierverfahren.

1 Laserpolierte Sphäre aus Glas.

2 Verrundete Kante (links).

3 Quarzglas vor und nach dem Laserpolieren.

### Verfahrensmerkmale und Vorteile

- Hohe Flexibilität durch eine berührungslose Bearbeitung
- Bearbeitung von verschiedensten Oberflächengeometrien mit nur einem Werkzeug, insbesondere Asphären und Freiformflächen
- Hohe Prozessgeschwindigkeit unabhängig von der Oberflächengeometrie
- Kleinere Mikrorauheit als konventionelle Polierverfahren
- Selektive Politur durch lokale Bearbeitung
- Kein Einarbeiten von Poliermitteln in die Oberfläche
- Keine Polierabfälle

### Laserpolieren von Glas

Stand der konventionellen Technik ist das Polieren mit Scheiben- oder Punktwerkzeugen und einer Poliersuspension, die auf das Werkstück aufgebracht wird. Dabei entstehen große Mengen an Verbrauchsmaterial. Mittels Laserpolieren können Glasoberflächen ohne anfallendes Verbrauchsmaterial unabhängig von der jeweiligen Oberflächenform mit demselben Werkzeug poliert werden. Zusätzlich ist die Bearbeitungszeit beim Laserpolieren unabhängig von der Oberflächenform und im Vergleich mit den konventionellen Verfahren um bis zu einem Faktor von 100 geringer. Die dabei erzielbaren Oberflächenrauheiten von Quarzglas liegen bei Rms < 5 nm (1 x 1 mm<sup>2</sup> Messfeld) und die Mikrorauheit bei Rms < 0,4 nm

(50 x 70 µm<sup>2</sup> Messfeld). Anwendungen für das Laserpolieren von Glasoberflächen sind unter anderem Beleuchtungsoptiken, für welche die bis jetzt erzielten Werte bereits ausreichen. Durch eine weitere Erhöhung der Formgenauigkeit und Reduzierung der Welligkeit ist das Verfahren auch zur Politur abbildender Optiken mit höheren Ansprüchen geeignet. Das Verfahren lässt sich auf nahezu alle Glassorten anwenden, für niedrigschmelzende Gläser werden zusätzlich größere Prozessgeschwindigkeiten erreicht.

### Laserpolieren von Kunststoffen

Da Thermoplaste wie z. B. Polycarbonat bei Temperatureinwirkung formbar werden, ist die Laserpolitur auch für diese Kunststoffart geeignet. Aufgrund der kleineren erforderlichen Temperaturen liegen die Prozessgeschwindigkeiten beim Laserpolieren von Kunststoffen mit mehreren 10 cm<sup>2</sup>/s deutlich über den Prozessgeschwindigkeiten beim Glas. Die insgesamt erreichbare Oberflächenqualität ist bereits für Beleuchtungsoptiken ausreichend (Rms < 25 nm, 1 x 1 mm<sup>2</sup> Messfeld), wobei die Mikrorauheit mit Rms < 1 nm (50 x 70 µm<sup>2</sup> Messfeld) vergleichbare Werte wie bei konventionellen Verfahren aufweist. Ziel der Verfahrensentwicklung ist die weitere Verringerung der resultierenden Oberflächenrauheit, so dass das Verfahren auch für die abbildende Optik geeignet ist. Eine mögliche Anwendung sind Brillengläser aus Polycarbonat.

### Innenpolieren von Bohrungen

Ein großer Vorteil des Laserpolierens ist die Möglichkeit zur Bearbeitung von nicht zugänglichen Bereichen wie z. B. der Innenwände von Rohren. Dabei wird die Laserstrahlung mittels einer Umlenkeinheit innerhalb der Bohrung auf die zu polierende Wand gelenkt. Die Prozesszeiten ändern sich dabei nicht. Mit dem Verfahren wird eine Mikrorauheit auf den Innenwänden von Bohrungen in Quarzglas von Rms < 5 nm bei einer Ausgangsrauheit von etwa Rms ≈ 500 nm erreicht (Messlänge = 5 mm).

### Entgraten und formgebendes Schmelzen

Mittels Laserpolieren können sowohl auf Gläsern als auch auf Kunststoffen lokal Grate entfernt und Kanten verrundet werden. Beispielsweise können beim Spritzgießen zwischen den Spritzgießformen entstehende Grate mit diesem Verfahren entfernt werden, wodurch die visuelle Erscheinung von Produkten verbessert werden kann. Ein Verrunden von Glaskanten wiederum kann die Stabilität des gesamten Bauteils erhöhen.

### Erweiterung um Formgenerierung und -korrektur

Derzeit kann das Laserpolieren aufgrund zu großer verbleibender Formabweichungen und Welligkeiten nicht zur Bearbeitung von abbildenden Optiken eingesetzt werden. Eine Lösungsmöglichkeit ist die Erweiterung des Verfahrens um einen nachgeschalteten, ebenfalls laserbasierten Schritt, zur Formkorrektur. Bei diesem Bearbeitungsschritt wird Material in kleinsten Mengen an den gewünschten Stellen lokal abgetragen und dadurch die Welligkeit reduziert. Zusätzlich kann die eigentliche Generierung der Oberflächenform ebenfalls mit Laserstrahlung erfolgen und dem Laserpolieren vorgeschaltet sein. Die aus diesen drei Schritten bestehende Prozesskette zur laserbasierten Herstellung von optischen Elementen wird derzeit am Fraunhofer ILT entwickelt und soll insbesondere für Freiformoptiken eingesetzt werden, da die Herstellungszeiten für diese Optiken damit stark reduziert werden können.

### Ansprechpartner

Dr. Edgar Willenborg  
Telefon +49 241 8906-213  
edgar.willenborg@ilt.fraunhofer.de

Dr. Jochen Stollenwerk  
Telefon +49 241 8906-411  
jochen.stollenwerk@ilt.fraunhofer.de

4 Laserbasierte Formgenerierung von Quarzglas.

5 Prozesskette zur laserbasierten Optikfertigung.