

## FREIFORMOPTIK-DESIGN



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

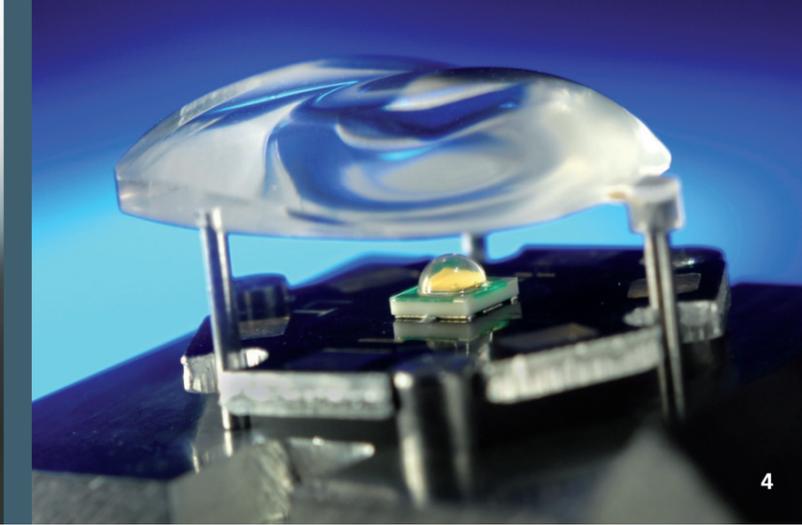
[info@ilt.fraunhofer.de](mailto:info@ilt.fraunhofer.de)  
[www.ilt.fraunhofer.de](http://www.ilt.fraunhofer.de)

### 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.





## FREIFORMOPTIK-DESIGN

Am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT entwickeln Experten für Kunden aus Forschung und Industrie maßgeschneiderte Freiformoptiken für nicht-abbildende Anwendungen. Zusammen mit ansässigen Fertigungsunternehmen realisieren wir Ihre Idee vom virtuellen Prototyp mit fertigungsangepasster Auslegung bis hin zur Charakterisierung von hergestellten Optiken.

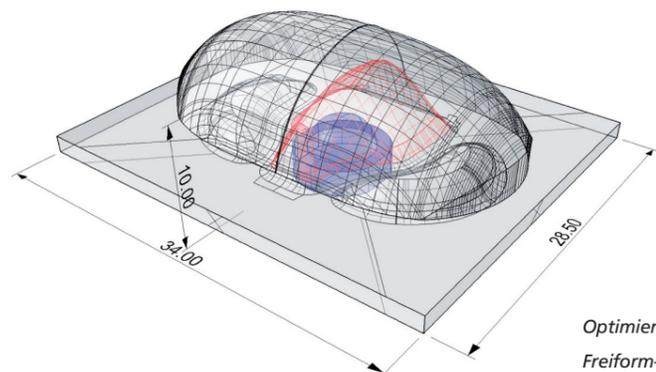
### Designalgorithmen für Freiformoptiken

Als Freiformoptiken werden brechende und reflektierende Oberflächen bezeichnet, die sich von sphärischen und asphärischen Geometrien deutlich unterscheiden. Zum Einsatz kommen diese Optiken beispielsweise im Beleuchtungsbereich, um den Energieaufwand und somit die Betriebskosten für die jeweiligen Beleuchtungsszenarien zu senken. Zusätzlich zur Effizienzsteigerung helfen Freiformoptiken, die Ausleuchtung flexibler zu gestalten.

Die Auslegung optischer Freiformflächen folgt nicht mehr notwendigerweise den Konzepten abbildender Optik, sondern strebt die Umverteilung von Leistung durch Lichtbrechung und -reflexion an. Das Design von Freiformoptiken soll in der Regel eine maßgeschneiderte Leistungsdichteverteilung bei gleichzeitiger Maximierung der nutzbaren Lichtleistung mit einer minimalen Zahl optischer Flächen realisieren.

Die am Fraunhofer ILT entwickelten Algorithmen zur Auslegung von optischen Freiformflächen werden diesen Anforderungen gerecht. Sie zeichnen sich besonders durch ihre Flexibilität bezüglich der Auslegung zweier optisch aktiver Freiformoberflächen aus, wobei brechende und reflektierende Oberflächen in einem optischen Element kombiniert werden können. Durch Kombination zweier brechender, aufeinander abgestimmter Freiformflächen können Fresnelverluste reduziert und die Effizienz im Vergleich zu Freiformoptiken mit nur einer Freiformfläche bis nahe an die theoretisch mögliche Grenze gesteigert werden.

Mit Freiform-Tailoring-Verfahren können im Prinzip sehr komplexe Leistungsdichteverteilungen realisiert werden. Allerdings ist diese Fähigkeit auf Punktquellen beschränkt. Bisher können reale Quellen, die immer eine gewisse Ausdehnung besitzen, nur approximativ behandelt werden. Am Fraunhofer ILT wurden Phasenraum-basierte Verfahren entwickelt, mit denen optische Freiformflächen mit ausgedehnten Quellen nun auch ohne Näherung berechnet werden können.



Optimierte optische Oberflächen einer Freiform-Einzellinse für eine LED-Straßenleuchte.

### Prototypenentwicklung

Unsere langjährige Erfahrung bei der Umsetzung von Freiformoptiken und die enge Vernetzung mit fertigenden Unternehmen garantiert die Fertigbarkeit der Optiken durch die Erstellung von virtuellen Prototypen. Wir unterstützen unsere Kunden bei der Entwicklung zukunftsweisender Technologien – von der Optiksimation über das Design funktionaler optischer Elemente mit glatten oder mikrostrukturierten Freiformflächen bis hin zur Optimierung des Fertigungsprozesses.

Das direkte Ergebnis des Optikdesigns ist ein virtueller Prototyp, dessen Performance zunächst mit Hilfe von Simulationssoftware überprüft wird. Hierfür stehen am Fraunhofer ILT unterschiedliche kommerzielle sowie selbst entwickelte Softwarepakete zur Verfügung, mit deren Hilfe die lichttechnische Funktion verifiziert sowie der Einfluss von Fertigungs- und Montageteranzen bestimmt werden können.

### Messtechnik für Beleuchtungsanwendungen

Als abschließende Leistung im Bereich Freiformoptik-Design bietet das Fraunhofer ILT seinen Kunden die Vermessung und Funktionsüberprüfung von hergestellten Optik-Prototypen. Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichtemessungen sowie die Erfassung von Lichtstärkeverteilungskurven (LVK) der Prototypen stellt sicher, dass die gewünschte Funktionalität präzise in der Serienfertigung umgesetzt werden kann.

### Unser Leistungsangebot im Überblick

- Prototypenentwicklung
  - Virtual Prototyping
  - Optikdesign-Aufbereitung für die Fertigung
- Als Eigenentwicklungen lassen sich die Auslegungsalgorithmen für einen breiten Anwendungsbereich von hocheffizienten LED-Freiformoptiken erweitern und anpassen:
  - Allgemein-, Straßen- und Architekturbeleuchtung
  - Speziell angepasste Beleuchtungsgeometrien, die in ihrer Ausdehnung und Platzierung limitiert sind (z. B. Wallwasher, Design-Leuchten, Light Engines)
  - Optimale Prozessbeleuchtung
  - Automobile Anwendungen (z. B. multifunktionale Linsen für kombinierte Leuchtenfunktionen)
  - LED-Faserkopplung
- Messtechnik für die Beleuchtungsanwendung
  - Messung von Beleuchtungsstärke-, Leuchtdichte und Lichtstärkeverteilungen (LVK)
  - Abgleich zwischen Simulation und Experiment

### Ansprechpartner

Dr. Rolf Wester  
Telefon +49 241 8906-401  
rolf.wester@ilt.fraunhofer.de

Dr. Martin Traub  
Telefon +49 241 8906-342  
martin.traub@ilt.fraunhofer.de

- 1 Hocheffiziente LED-Freiform-Optiken zur Straßenbeleuchtung.
- 2 Beleuchteter Straßenabschnitt, Reduktion eingesetzter Leuchten.
- 3 Kompakte Freiformlinse für einen Nebelscheinwerfer.
- 4 LED mit aufmontierter Spritzguss-Freiformoptik.