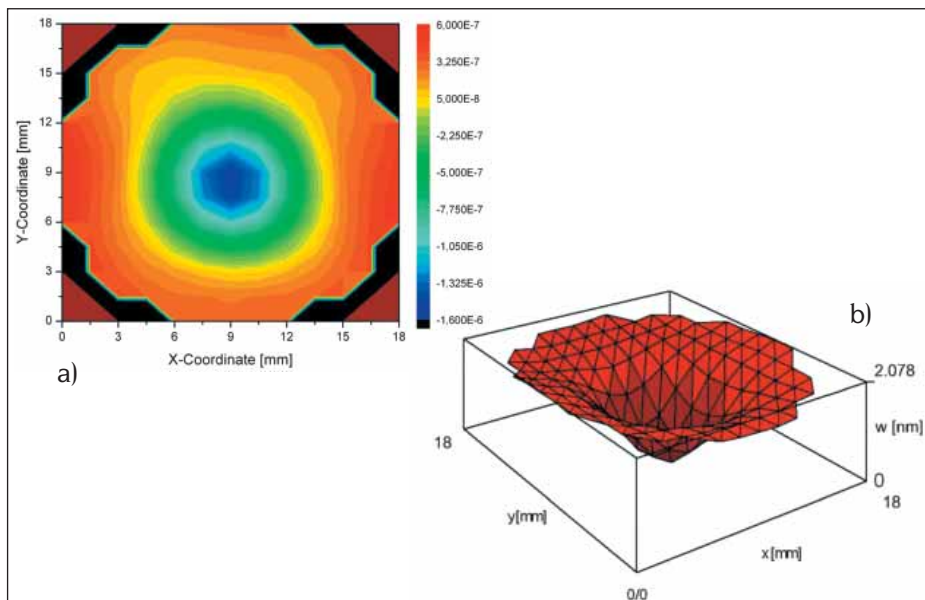


Quantitative Vermessung thermischer Linsen mit dem Wellenfrontsensor

Die Erzeugung sog. »thermischer Linsen« bei Durchstrahlung von optischen Medien (z. B. Fenster, Linsen, Laserstäbe) mit intensiver Laserstrahlung ist ein seit langem bekanntes Problem. Die dadurch auftretende Strahlverformung kann zu Instabilitäten, Dejustage und/oder Zerstörung von optischen Komponenten führen. Das Laser-Laboratorium Göttingen hat mit Hilfe eines Wellenfrontsensors mit stark verbesserter Auflösung ein Verfahren entwickelt, die thermische Linse in Echtzeit sichtbar zu machen und so eine aktive Kompensation der Wellenfront-Verkrümmungen zu ermöglichen.



▲ Thermische Linse an Excimerlaser-bestrahlter Quarzplatte; die Verbiegung der Wellenfront des zur Messung eingesetzten fasergekoppelten Diodenlasers (639 nm) beträgt ca. 2 nm.

- a) Zweidimensionale, geglättete Form
- b) Echtzeit-Ansicht aus der Steuersoftware MrBeam

Strahlungsinduzierte thermische Linsen in optischen Komponenten können bekanntermaßen bei vielen Anwendungen von Laserstrahlung erhebliche Probleme bereiten. So kann z. B. in der Halbleiter-Lithographie das so genannte »lens heating« durch absorbierte UV-Laserstrahlung zu einer Verringerung der erreichbaren Auflösung führen. Ein anderes Beispiel, in dem thermische Effekte eine wichtige Rolle spielen, ist der Aufbau von leistungsstarken Festkörperlasern. Will man eine gute Stabilität erzielen und die Optiken vor Zerstörung schützen, so kommt man nicht daran vorbei,

die thermische Linse durch den Laserstab zu berücksichtigen.

Am Laser-Laboratorium Göttingen wurde nun ein Messsystem zur quantitativen Erfassung dieses Effektes entwickelt. Es basiert auf einem verbesserten Hartmann-Shack-Wellenfrontsensor, der sich durch eine extreme Empfindlichkeit auszeichnet und mittlerweile Wellenfrontänderungen im Bereich 1/10.000 nachweisen kann. Das entspricht Abweichungen von weniger als 0,1 nm bei einer abgetasteten Fläche von einigen Quadrat-Zentimetern. Der Vorteil gegenüber interferometrischen Verfahren besteht darin, dass

das Messsystem trotz der hohen Empfindlichkeit sehr kompakt und flexibel einsetzbar ist. Die Aufnahme der Wellenfront ist einfach und erfolgt in Echtzeit.

Die Abbildung zeigt die photothermische Messung an einer Quarzplatte, die von einem Excimerlaser bei der Wellenlänge 193 nm bestrahlt wurde. Die ebene Wellenfront eines kollimierten Laserstrahls »verbiegt« sich nach Einschalten des Excimerlasers innerhalb weniger Sekunden durch Brechungsindexänderung sowie thermische Ausdehnung der Quarzplatte zu einer rotations-symmetrischen Mulde, was der Ausformung einer Konvexlinse entspricht. Deren Brennweite (Defokus) beträgt im gezeigten Beispiel rund 1 km bei einer Gesamtauslenkung der Wellenfront (Spitze-Spitze) von etwa 2 nm.

Mit diesem neuen Verfahren lassen sich einerseits die induzierten Wellenfrontveränderungen durch Zernike-Analyse genau vermessen, so dass Maßnahmen zur Kompensation (z. B. durch adaptive Optiken) ergriffen werden können. Andererseits kann die photothermische Messung auch zur schnellen Bewertung der Qualität optischer Komponenten eingesetzt werden, da das Ausmaß der Wellenfrontänderung direkt proportional zu den thermischen Absorptionsverlusten ist.

Damit erschließt sich ein weiteres Einsatzgebiet des Hartmann-Shack-Sensors, der auch zur Echtzeit-Charakterisierung von Laserstrahlung (Strahlprofil, Propagation, M²-Messung) verwendet wird.

Kontakt:
 Dr. Klaus Mann
 Laser-Laboratorium Göttingen
 Hans-Adolf-Krebs-Weg 1
 37077 Göttingen
 Tel.: 05 51/50 35 41
 Mail: kmann@llg.gwdg.de