„Entwicklung eines Messverfahrens zur Qualitätsprüfung optischer Komponenten für den Lasereinsatz im UV-Wellenlängenbereich über den Nachweis photothermisch induzierter Verluste unter Prozessbedingungen“

Optiken für UV-Laseranwendungen in der Lasermikrobearbeitung oder Lithografie müssen höchsten Ansprüchen hinsichtlich Transmission, Langzeitstabilität und Abbildungstreue genügen. Die Veränderung der Abbildungseigenschaften kritischer Komponenten unter Prozessbedingungen in Lasermikrobearbeitungsmaschinen ist eine der häufigsten Ausfallursachen optischer Hochleistungssysteme.
Eine wesentliche Ursache für belastungsabhängige und alterungsbedingte Veränderungen in den Abbildungseigenschaften hochbelasteter optischer Systeme sind lokale Änderungen des Brechungsindex infolge inhomogener Temperaturverteilungen im Material der optischen Komponenten. Lokale Brechzahlvariationen ihrerseits verursachen eine zusätzliche Deformation der Wellenfront des Nutzstrahles. Hervorgerufen werden diese inhomogenen Temperaturverteilungen im Wesentlichen durch zwei Effekte. Die unvermeidbar inhomogene Intensitätsverteilung der Laserstrahlung in den optischen Komponenten führt zu einer inhomogenen Absorption und damit zur Ausbildung einer so genannten Thermischen Linse. Darüber hinaus verursachen Alterungsprozesse wie Farbzentrenbildung, Kompaktierung oder Schichtdegeneration und die damit verbundenen inhomogenen Veränderungen in den UV-Absorptionseigenschaften des Materials oder der Beschichtung der optischen Bauteile zusätzliche lokale Temperaturveränderungen.

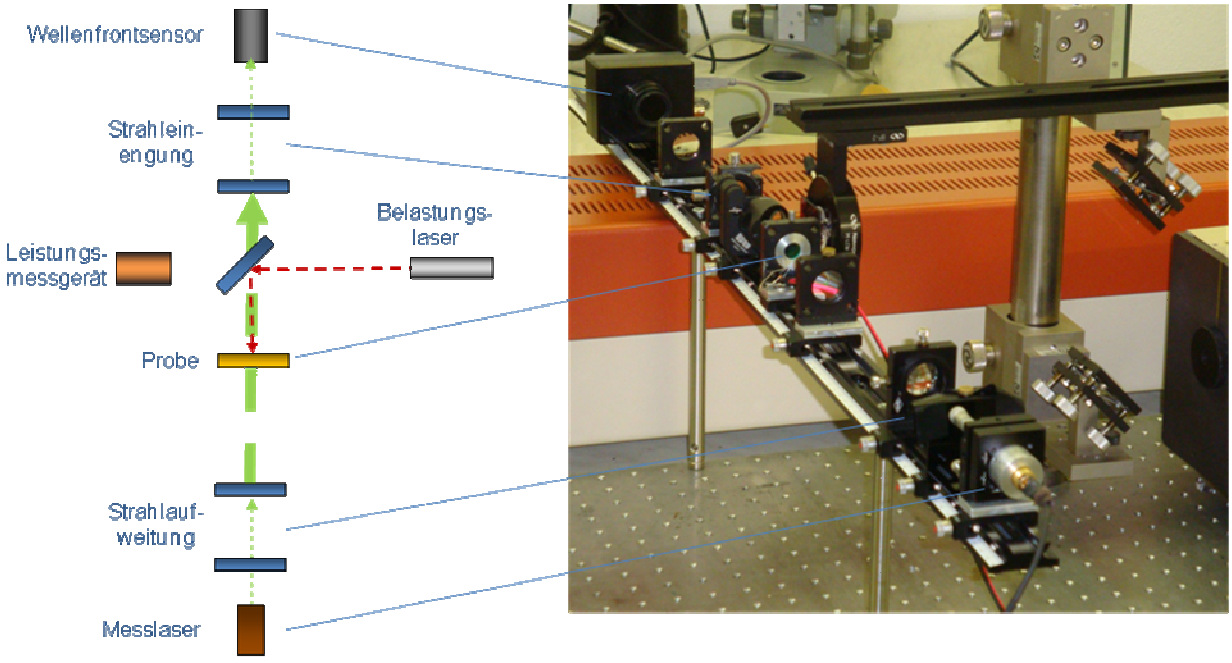

Abb. 1: Schematischer Messaufbau mit Belastungslaser

Für den Hersteller von UV-Hochleistungslasersystemen ist dabei sowohl die Bewertung des zu erwartenden Einflusses thermischer Effekte auf die Abbildungsqualität in Abhängigkeit von Betriebsparametern im Neuzustand (Bereitstellung entsprechender Parameter für die Optikkonstruktion, Qualitätskontrolle von Fremdteilen) als auch die Messung der alterungsbedingten Veränderungen (Kunden-Service) von großem Interesse.
Ziel des Projektes ist es, ein Messverfahren zur Bestimmung der UV-Absorption und des damit verbundenen Einflusses auf die Abbildungsqualität von optischen Elementen unter Einsatzbedingungen zu entwickeln und zu erproben.
Ein ganz wesentlicher und neuer Ansatz ist dabei das Ziel, Messungen an komplexen optischen Systemen direkt unter Einsatzbedingungen, d.h. über den gesamten optischen Abbildungsweg und unmittelbar mit dem Nutzsignal zu realisieren.

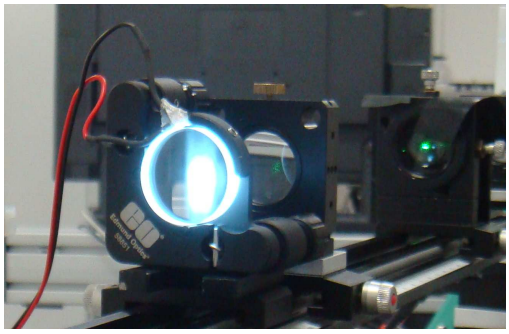

Abb. 2: Reales Strahlprofil des Belastungslasers auf Substrat

Als Grundlage sind zunächst verschiedene Methoden vergleichend zu untersuchen und ein Versuchsplatz mit entsprechenden optischen und technischen Eigenschaften zu erarbeiten. In einem zweiten Arbeitsschritt gilt es, Verlustmessungen an optischen Bauteilen und komplexen optischen Baugruppen durchzuführen. Daraus entwickelt sich die Anpassung des Versuchsaufbaus an die beabsichtigten Messbedingungen, welche ein zentraler Punkt des dritten Teilabschnittes ist. Darauf aufbauend können dann Untersuchungen zur Anwendung des Nutzstrahles als Messstrahl durchgeführt werden, um im letzten Arbeitsschritt den Aufbau einer praxistauglichen Messanordnung und Automatisierung der Messwerterfassung zu realisieren.
Die Umsetzung des Projektzieles wird in Kooperation mit der 3D-Micromac AG in Chemnitz durchgeführt. Gefördert wird dieses Projekt im Rahmen eines ZIM-Programms der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V.