

## **Projektplan**

### **EmmaV: Entstehungsmechanismen mittelfrequenter Fehler und deren aktive Vermeidung (18564 N)**

Die Optik/Photonik-Industrie spielt in der deutschen Wirtschaft eine bedeutende Rolle. Sie ist Grundlage und Voraussetzung für andere technologische Entwicklungen und deren Anwendungen in z. B. Produktionstechnologie oder Medizintechnik. Um im Weltmarkt als Qualitätsführer mithalten zu können, hat sich die deutsche Optikindustrie auf die Herstellung von hochpräzisen, anspruchsvoll zu fertigenden und kundenindividuellen Produkten konzentriert. Wesentliches Merkmal für die Qualität von Präzisionsoptiken ist vorrangig die Einhaltung der Toleranzen für Formabweichung und Rauheit. Mittelfrequente Fehler (engl. Mid-Spatial Frequency Errors) liegen in einem Frequenzband zwischen diesen beiden Fehlerarten.

Mit zonalen Korrekturverfahren, die in der Herstellung von hochgenauen asphärischen und freigeformten Flächen Voraussetzung sind, werden mittelfrequente Fehler schnell zu einem Problem, da sie die Abbildungseigenschaften eines Systems negativ beeinflussen. Das Forschungsvorhaben „EmmaV - Entstehungsmechanismen mittelfrequenter Fehler und deren aktive Vermeidung“, will somit den deutschen Optikherstellern - darunter viele KMU - ein Hilfsmittel zur effizienten und qualitativ hochwertigen Fertigung von optischen Bauteilen an die Hand geben.

## **Forschungsziel**

Ziele des Projektvorhabens EmmaV sind die systematische Beschreibung von MSFE sowie deren aktive Vermeidung. Dazu werden die Erscheinungsformen dieser Fehler analysiert und ihre Ursachen im Fertigungsdurchlauf identifiziert. Strategien zur MSFE-Vermeidung sollen durch Fehlersimulation und Optimierung von Prozessparametern entwickelt werden.

Zusammenfassend ist es das Ziel von EmmaV MSFE in der Fertigung zu identifizieren und durch aktive Anpassung der Bearbeitungsparameter zu vermeiden.

## **Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels**

Ausgehend von der Hypothese „MSFE werden im Fertigungsdurchlauf erzeugt und sind durch geeignete Prozessparameter vermeidbar“, wird der Herstellungsprozess hinsichtlich der Entstehung von MSFE von zwei Demonstratorbauteilen (Asphäre und Freiform) analysiert.

Die Prozessschritte Polieren und Schleifen werden nacheinander und in Wechselwirkung zueinander, aber mit Priorität auf das Polieren, betrachtet. Die angenommenen Haupteinflussfaktoren

- das Datenformat für die Bearbeitung
- die Kombination von Bearbeitungsparametern

- der Einfluss der Stützprozesse
- die Maschinenauslegung
- die Kombination von Steifigkeiten im Bearbeitungsprozess

werden für die jeweils eingesetzte Anlagentechnik analysiert. Dazu werden nach einer auf DOE basierenden Versuchsplanung die Einflussgrößen variiert. Mit den so bestimmten Parametern werden Testflächen gefertigt und in allen Bearbeitungsschritten analysiert und bewertet.

Um die erzielten Ergebnisse anhand der eingestellten Größen interpretieren zu können, werden die praktisch erzielten Resultate durch Modellbildung nachgestellt.

Das Einlesen, Konvertieren, Auswerten und Abbilden von Messfiles, die Ermittlung der Abtragfunktion, sowie das Erstellen eines Vorschubfiles sind fundamentale Voraussetzungen für die Gestaltung eines Bearbeitungsmodells.

Um Einflussfaktoren in der Komplettbearbeitung trennen zu können, besteht die Möglichkeit, statt einer Asphäre oder Freiformfläche eine Sphäre in Punktberührung und mit zonaler Bearbeitungstechnik zu fertigen. Der jeweils zu analysierende Prozessschritt kann dann im „Asphärenmodus“ in Punktberührung bearbeitet werden, während die weiteren Bearbeitungsschritte über flächige Schalenprozesse oder über einen Linieneingriff durchgeführt werden können. In dieser Vorgehensweise vereinfacht sich auch die Messtechnik bzgl. der Formgenauigkeit.

### **Nutzen und wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas**

Die Problematik MSFE ist in der Asphären-Fertigung bekannt. Sie sind ein dringendes, in der Bedeutung wachsendes Thema.

Bei den zahlreichen KMU fehlen jedoch die finanziellen, zeitlichen und personellen Kapazitäten für eine Ursachenforschung in den einzelnen Fertigungsprozessen zur Vermeidung von MSFE.

Um einen wirtschaftlichen Prozessdurchlauf zu erreichen, werden stabile und deterministische Prozessketten benötigt. Deshalb ist es nötig, die Ursachen für MSFE zu identifizieren, deren Entstehung zu beschreiben und Möglichkeiten aufzuzeigen, MSFE zu vermeiden.

Gegenwärtig wird in der Produktion mit Versuch und Irrtum unter der Nutzung des hohen Erfahrungsschatzes der Mitarbeiter an der Vermeidung von MSFE gearbeitet.

Eine weitere Herausforderung im Umgang mit MSFE ist die Tatsache, dass sie in der Regel in einem weit fortgeschrittenen Stadium der Fertigung bei bereits hoher Wertschöpfung am Produkt entdeckt werden. Meist ist eine Nacharbeit nicht mehr möglich, was zu einer Neufertigung führt.

Mit den erwarteten Projektergebnissen wird angestrebt, die Zahl der Korrekturzyklen in der Endbearbeitung, bestehend aus Messung - Fertigung - Iteration, und ebenso die Rückweisungsrate aufgrund nicht korrigierbarer MSFE auf der Fläche zu halbieren.

## Voraussichtlicher Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der KMU

Mittelfrequente Fehler werden bisher erst bei hoher erfolgter Wertschöpfung an der optischen Fläche messbar. Durch Wissen um die Einflussgrößen auf die Entstehung von MSFE können Prozesse präventiv ausgelegt werden, um die Entstehung von MSFE weitestgehend zu vermeiden. Die Auswertung von MSFE unterstützt in einem frühen Stadium der Fertigung mit konkreten Bearbeitungshinweisen das gezielte Gegensteuern. Die frühzeitige Erkennung mittelfrequenter Fehler im Prozess kann durch die geschickte Wahl von Bearbeitungsparametern in den Folgeprozessen zu korrigierenden Maßnahmen führen. Durch die Anwendung der Erkenntnisse zur Vermeidung von MSFE aus dem Projekt ist zu erwarten, dass

- die Ausschussrate in der Fertigung aufgrund von MSFE reduziert werden kann und
- die Bearbeitungskosten durch Reduzierung der Korrekturzyklen sinken.

Nach Diskussion mit den Firmen des PA wird eine Reduzierung beider Faktoren um mindesten 30 % angestrebt.

### Projektbegleitender Ausschuss

Unternehmen
asphericon GmbH
Berliner Glas KGaA
Carl Zeiss Jena GmbH
Carl Zeiss SMT GmbH
FISBA OPTIK AG
JENOPTIK Optical Systems GmbH
Leica Camera AG
Leica Microsystems GmbH
Opteg GmbH
OptoTech Optikmaschinen GmbH
POG Präzisionsoptik Gera GmbH
Qioptiq Photonics GmbH & Co. KG
Satisloh AG