

Name der AiF-Forschungsvereinigung (FV)

IGF-Vorhaben-Nr:

Blatt-Nr./Jury-Nr.:

IGF-Antrags-Nr.: /

Aktenzeichen der FV

(wird von der AiF eingesetzt)

Messdatenverarbeitung für die Herstellung optischer Freiformflächen »OPTOLIGN«

The logo for OPTOLIGN, featuring the word "OPTOLIGN" in a bold, blue, sans-serif font. The letters "O", "P", "T", "O", "L", "I", "G", and "N" are all in blue, while the letter "L" is white with a blue outline.

1. Forschungsthema

Die Fertigung moderner Präzisionsoptiken stellt hohe Anforderungen an die Qualitätsprüfung. Nicht nur die eigentliche Messtechnik, sondern gerade auch die Messdatenauswertung ist hier von hoher Bedeutung. Für die flächige Inspektion von optischen Komponenten sind zu diesem Zweck eigens angepasste Softwarelösungen erforderlich. In diesem Forschungsprojekt sollen Algorithmen zur Messdatenverarbeitung für optische Freiformflächen, d. h. zur Datensegmentierung sowie zur Grob- und Feinregistrierung, entwickelt werden. Diese schaffen die Basis für die Bewertung des Prüflings und die Kompensation von Fehlern im Fertigungsprozess.

2. Wissenschaftlich- technische und wirtschaftliche Problemstellung

- Ausgangssituation

Die Verwendung von komplexen optischen Freiformoptiken ist für viele Anwendungen im Bereich der Medizintechnik, Konsumer-Elektronik, Automotive und Beleuchtung aus zahlreichen Gründen erstrebenswert. Freiformoptiken ermöglichen beispielsweise die Minimierung der Aberrationen optischer Systeme oder auch die Verringerung der Anzahl von Komponenten und somit eine Reduzierung von Bauraum und Gewicht z. B. bei Anwendungen wie Head-up Displays, Scanneroptiken oder Teleskopen.

Der Großteil der derzeit produzierten Optiken ist jedoch nach wie vor rotationssymmetrisch. Grund hierfür ist die anspruchsvolle Fertigung von Freiformoptiken aufgrund der im Herstellprozess auftretenden Fehlereinflüsse sowie der zahlreichen Maschinenparameter. Die Simulation dieser Einflüsse im Vorfeld der Fertigung ist nicht mit der benötigten Genauigkeit möglich. Daher ist eine iterative Herstellung bestehend aus den Schritten Messung und Korrekturbearbeitung nötig.

Zur Korrektur von Formfehlern optischer Oberflächen werden zumeist Tastschnittgeräte eingesetzt, die über eine sehr hohe Messgenauigkeit verfügen. Ergebnis dieser Messungen sind Profilschnitte über das Bauteil, welche automatisch verarbeitet werden können und zu einem Korrekturdatensatz führen. Im Gegensatz zu rotationssymmetrischen Optiken, bei deren Herstellung zumeist rotationssymmetrische Abweichungen auftreten, sind bei Freiformflächen herstellungs- und prinzipbedingt Informationen über lokale Abweichungen von Interesse. Diese lassen sich mittels Profilschnitt nur teilweise erfassen und erfordern daher eine vollflächige Abtastung und Auswertung.

Formprüfinterferometer sind für eine schnelle und flächige Erfassung prinzipiell geeignet, jedoch ist hierbei die Messbarkeit von Freiformflächen sehr stark eingeschränkt. Der messprinzipbedingte Vorteil der direkten Bestimmung der Oberflächenfehler ist hierbei nur für plane und sphärische sowie leicht asphärische

Oberflächen ausnutzbar. Eine Möglichkeit den Einsatzbereich der interferometrischen Formprüfung zu erweitern, ist der Einsatz von computergenerierten Hologrammen. Die Verwendung dieser kostenintensiven Hologramme ist für Freiformoptiken nur bedingt geeignet, da unter anderem das Problem der sich überschneidenden Beugungsordnungen auftritt. Weiterer Nachteil dieses Verfahrens ist, dass sich hiermit nur geringe Oberflächenfehler ($< 10 \mu\text{m}$) erfassen lassen.

Bei der Messung mit Koordinatenmessgeräten wird die Referenzierung der Messdaten ins Designkoordinatensystem im Vorfeld der eigentlichen Messung realisiert. Die taktile Messung von Freiformoptiken ist jedoch zeitintensiv und kann zu Beschädigungen der optischen Oberfläche führen.

In den letzten Jahren wurden im Bereich der optischen Messtechnik mehrere Messgeräte zur vollflächigen Erfassung von optischen Freiformoptiken realisiert (z. B.: phasenmessende Deflektometrie, vollflächig messende Weißlichtinterferometer und Positioniersysteme mit punktuellen, optischen Sensoren). Die so gewonnenen 3D-Oberflächendaten sind jedoch nicht direkt für einen produktionsunterstützenden Einsatz verwendbar. Dafür ist ein Soll-Ist-Vergleich nötig, mit dessen Hilfe die Oberflächenabweichungen bestimmt und Fehlereinflüsse identifiziert werden können. Wichtiger Bestandteil dieser Auswertung ist der Vergleich und damit die exakte Ausrichtung der gemessenen Punktwolke zu den Designdaten. Dieser Schritt ist derzeit für vollflächige Messdaten von Freiformoptiken nur unzureichend realisiert. Gründe hierfür sind:

- optische Oberflächen sind merkmalsarm
 - Best-Fit-Algorithmen erreichen nicht das globale Minimum bei der Ausrichtung sondern finden nur ein lokales Minimum
 - der Unterschied zwischen der lateralen ($50 - 100 \mu\text{m}$) und vertikalen Auflösung (im Nanometer-Bereich) der eingesetzten Messsysteme ist im Ausrichteprozess zu berücksichtigen
 - der im Bereich der Optikproduktion benötigte Genauigkeitsbereich
 - die großen Datenmengen (Anzahl der Messpunkte > 1 Million)
 - das Fehlen von Referenzmarken
 - keine Verwendung der Neigungsinformationen im Ausrichteprozess für optische Oberflächen
 - die Daten weisen Mess- und Formfehler auf
- Stand der Forschung

Eine Möglichkeit der Ausrichtung von Mess- und Solldaten für den anschließenden Soll-Ist-Vergleich ist die Referenzierung über Marken am Bauteil. Die Anbringung von Referenzmarken im Randbereich des Bauteils führt dabei zu schlechteren Ergebnissen als jene direkt auf der Funktionsfläche. Dort ist die Formgenauigkeit zumeist höher und es handelt sich dabei um den optisch relevanten Bereich. Nachteile dieses Verfahrens sind, dass sie die optische Funktion des Bauteils beeinträchtigen und vollflächige Messmethoden aufgrund der schlechten lateralen Auflösung die Marken nicht erfassen können bzw. die erzeugte Unstetigkeit der Oberfläche zu Ausreißern in den Messdaten führt.

Die Ausrichtung von Mess- und Designdaten und der Soll-Ist-Vergleich sind dahingegen für technische Oberflächen nahezu vollständig beherrscht. In diesem Bereich stehen dem Anwender zahlreiche Softwarelösungen zur Verfügung:

- PolyWorks/Inspector™ (Duwe-3d AG)
- Slim^{3D} (3D Shape GmbH)
- KUBE Inspect+ (DESCAM 3D Technologies GmbH)
- Rapidform XO/Verifier™ (INUS Technology Inc.)
- Geomagic Qualify (Geomagic, Inc.)

- Focus Inspection (Metris Germany)
- u. a.

Diese Auswerteprogramme verfügen über Funktionalitäten wie zum Beispiel der Grobregistrierung mittels 3-2-1 Ausrichtung oder Ausrichten über Referenzpunkt-Systeme (RPS) und der Best-Fit-Registrierung. Für die Prüfung von optischen Oberflächen sind diese Programme jedoch aufgrund der benötigten Genauigkeit, der merkmalsarmen Oberflächen, dem Unterschied zwischen lateraler und vertikaler Auflösung der verwendeten Messsysteme und dem Nicht-Vorhandensein von Referenzmarken nicht einsetzbar.

Kommerziell erhältliche Softwarelösungen für die vollflächige Inspektion von sphärischen und asphärischen Optiken ermöglichen die direkte Auswertung der gemessenen Oberflächen und bestimmen Optikengrößen, wie zum Beispiel Fokus, Koma, Astigmatismus u. a.

- Vision (Veeco Instruments)
- INTOMATIK – N (MOELLER-WEDEL OPTICAL GmbH)
- MetroPro (ZygoLOT GmbH)
- u. a.

Ein Soll-Ist-Vergleich für freigeformte Optiken ist mit diesen Programmen jedoch nicht möglich. Die Gründe hierfür sind das Fehlen einzelner bzw. mehrerer, der nachfolgend aufgeführten Funktionalitäten:

- Vollflächige Soll- und Ist-Daten von freigeformten Oberflächen, z. B. als NURBS, können nicht importiert bzw. verarbeitet werden.
- Einige Auswerteprogramme ermöglichen anstatt eines Soll-Ist-Vergleichs nur den Vergleich zwischen verschiedenen Messdatensätzen.
- Auswerteprogramme von Formprüfinterferometern verarbeiten keine absoluten Topografiedaten der gemessenen Sphären, Asphären und Planflächen. Es handelt sich bei den hier anfallenden Eingangsdaten um die optischen Pfadunterschiede zwischen der Referenz- und der Messwellenfront. Aufgrund dieser Tatsache ist ein Soll-Ist-Vergleich mit vorgelagerter Ausrichtung der Messdaten nicht im Funktionsumfang dieser Programme enthalten.
- Wiederum andere Optikauswerteprogramme verfügen nicht über die Möglichkeit der Best-Fit-Ausrichtung, sondern registrieren die Datensätze mittels Referenzmarken oder anhand eindeutiger Oberflächenmerkmale.

Vor diesem Hintergrund besteht für Freiformoptiken ein großer Bedarf an angepassten Algorithmen zur Durchführung eines vollflächigen Soll-Ist-Vergleichs.

• Wirtschaftliche Problemstellung

Die Prüfung optischer Freiformflächen ist ein Teilgebiet der Präzisionsmesstechnik mit großer wirtschaftlicher Bedeutung. Der Bedarf an Freiformoptiken für neue Anwendungen, wie zum Beispiel für Beleuchtungszwecke, nimmt kontinuierlich zu. Exemplarisch genannt seien hierbei Strahlformungselemente zur Erzielung einer definierten Leuchtdichteverteilung. Eine erfolgreiche Verbreitung dieser Komponenten ist abhängig von den Herstellungskosten und von der Qualität, die in der gleichen Größenordnung liegen sollte wie für sphärische Optiken. Die Erreichung beider Ziele stellt hohe Anforderungen an die Optikproduktion und dabei insbesondere an die messtechnische Bewertung. Dies betrifft die Identifikation von globalen und lokalen Abweichungen, die Genauigkeit der erzeugten Daten und der zeitliche Aufwand zur Rücksteuerung von Korrekturwerten. Insbesondere besteht der Bedarf, die Anzahl der fertigungsbedingten Iterationen zu reduzieren und somit die Entwicklungsphase zu verkürzen. Dies ist vor allem für innovative kleine und mittelständische Unternehmen

von Interesse, deren Produktion zumeist geringe Stückzahlen aufweist und daher von vielen Entwicklungs- und Einlaufphasen geprägt ist.

3. Forschungsziel / Ergebnisse / Lösungsweg

3.1 Forschungsziel

Ziel der geplanten Forschungsarbeiten ist die Unterstützung der Produktionstechnik mit Softwarelösungen für das Datenhandling entlang der gesamten Produktionskette, die aus Herstellung, Messung und Korrekturbearbeitung besteht. Hiervon profitieren sowohl die Direktfertigung als auch die replikative Fertigung bestehend aus Formenbau und Abformung. Das Datenhandling besteht aus dem Import der 3D-Messpunktcloud und der Designdaten (NURBS), der Grobausrichtung, der Segmentierung, der Best-Fit-Ausrichtung und der Berechnung der Abweichungskarte. Diese Messdatenverarbeitung ist auf die Anforderungen von optischen Freiformflächen anzupassen. Neben der Verwendung von Topografiedaten werden darüber hinaus die Oberflächeninformationen Neigung und Krümmung eingesetzt. Diese sind für optische Oberflächen die funktionsrelevanten Parameter und verfügen im Gegensatz zu Topografiedaten auch für optische Oberflächen über merkmalsreiche Oberflächenvariationen. Die Neigungs- und Krümmungsinformationen dienen zum einen der Verbesserung des Ausrichteprozesses als auch als eigenständige Qualitätsmerkmale. Die Berechnung der Neigungs- und Krümmungsabweichungen gibt Aufschluss über kurzweilige Fehler und wird zur Einstellung der Maschinenparameter verwendet. Die Topografiedaten hingegen dienen der Kompensation von langwelligen Abweichungen wie zum Beispiel der im Replikationsprozess auftretenden Schwindung bei Kunststoff- und Glasoptiken.

3.1.1 Angestrebte Forschungsergebnisse

- *wissenschaftlich-technische Ergebnisse*

Im Rahmen des Projektes werden Methoden zur verbesserten Ausrichtung von Mess- und Solldaten entwickelt, mit dem Ziel, vollflächige Soll-Ist-Vergleiche für optische Freiformflächen zu realisieren. Die Untersuchungen fokussieren hierfür auf die Realisierung einer automatischen Grobregistrierung für merkmalsarme Oberflächen, der Datensegmentierung für die Präferenzierung von Ausrichtebereichen und einer auf optische Oberflächen angepassten Best-Fit-Ausrichtung. In den einzelnen Arbeitsgebieten werden unterschiedliche Algorithmen entwickelt, bezüglich der Ausrichtegüte und Wiederholpräzision verifiziert und in den Datenhandlingprozess implementiert. Ergebnis der entwickelten Algorithmen sind vollflächige Abweichungskarten für die Oberflächeninformationen: Topografie, Neigung und Krümmung. Diese dienen der Identifikation von Fertigungsfehlern und der Kompensation der resultierenden

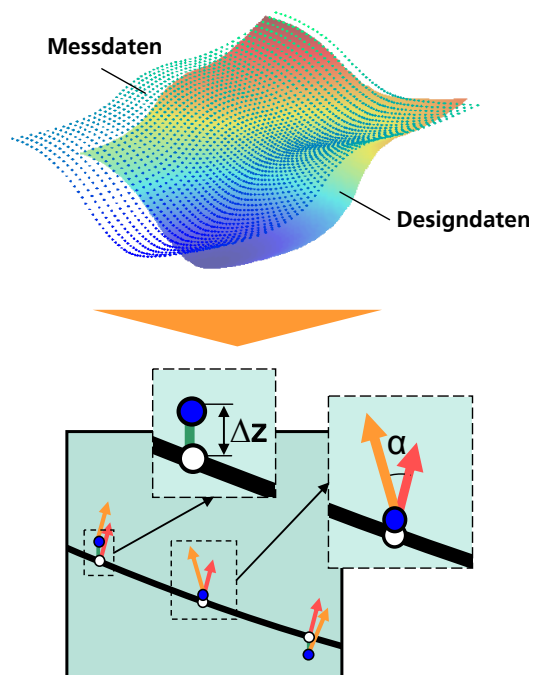


Bild 1: Ausrichtung einer 3D-Messpunktcloud an den Designdaten mittels der Kriterien Topografie und Neigung

Abweichungen durch Anpassung der Werkzeugbahn bzw. Einstellung der Maschinenparameter. Darüber hinaus werden die Messdaten so aufbereitet, dass sie ins Optikdesign eingelesen werden können und die Funktion der gefertigten Optik simuliert werden kann. Ist diese nicht erfüllt, können die festgestellten Fertigungsfehler im Design berücksichtigt werden und ermöglichen eine erneute Bearbeitung zur Erzielung der gewünschten optischen Funktion.

- *wirtschaftliche Ergebnisse*

Freigeformte optische Bauteile haben eine große wirtschaftliche Bedeutung mit hohem Wachstumspotenzial. Die im Rahmen dieses Projektes entwickelten Algorithmen unterstützen bei der schnellen und prozesssicheren Realisierung von komplexen Produktideen. Ziele sind die Reduzierung der für die Fertigung der Optiken benötigten Iterationsschleifen und der damit verbundenen Herstellkosten, die Verkürzung der Anlaufphasen für die Serienfertigung und die Verbesserung der Qualität der produzierten Optiken.

3.1.2 Innovativer Beitrag der angestrebten Forschungsergebnisse

- *zur Weiterentwicklung eines Verfahrens*

Der innovative Beitrag der angestrebten Forschungsergebnisse besteht in der Entwicklung einer vollflächigen Auswertung für Messdaten von optischen Freiformflächen. Dies geschieht durch Anpassung und Neuentwicklung von Ausrichtealgorithmen zur Erfüllung der Anforderungen von optischen Oberflächen.

Im Rahmen des Projektes wird der Ausrichteprozess durch die folgenden Funktionalitäten realisiert:

- Automatische Grobregistrierung
- Automatische Datensegmentierung
- Best-Fit-Ausrichtung

Ziel der Grobregistrierung ist die automatische Vorausrichtung der Messdaten im Designkoordinatensystem und somit das Erreichen eines geeigneten Startpunktes für die Feinregistrierung. Dies ist erreicht, wenn die Best-Fit-Registrierung zu dem globalen Minimum der Lageunterschiede zwischen den beiden Datensätzen führt und die hierfür benötigte Rechenzeit minimal ist. Die derzeitigen Herausforderungen sind die geringen Topografieunterschiede von optischen Oberflächen (üblicherweise von 10 µm bis 3 mm) und die große Datenmenge der gemessenen Oberfläche. Die geplanten Untersuchungen beschäftigen sich mit der Schwerpunktverschiebung, der merkmalsbasierten Ausrichtung auf Basis der Neigungs- und Krümmungsdaten sowie der statistischen Variation der Ausgangslage.

Die Datensegmentierung hat die Aufgabe der Erhöhung der Ausrichtegüte der Best-Fit-Registrierung durch Verwendung von Ausrichtebereichen mit einer höheren Oberflächenqualität. Ziel ist die Reduzierung des Einflusses von Form- und Messfehlern auf die Ausrichtung. Erreicht wird dies durch die Verwendung von unterschiedlichen Methoden zum Clustern von Messdatenbereichen und deren Beurteilung. Insbesondere Bereiche mit steileren Flanken oder mit lokalen Brechkraftvariationen stellen hohe Anforderungen an die Herstellung sowie die Freiformflächenmesstechnik. Daten aus diesen Arealen sind üblicherweise mit größeren Fehlern behaftet und sind für die Ausrichtung nur bedingt geeignet.

Die geplante Best-Fit-Registrierung gewichtet die einzelnen Ausrichtebereiche und verwendet unterschiedliche Optimierungskriterien. Ergebnis dieser Registrierung sind vollflächige Abweichungskarten für Topografie, Neigung und Oberflächenkrümmung.

Die entwickelten Algorithmen ermöglichen eine automatisierte, hochgenaue und robuste Auswertung der mittels Ultrapräzisionsmesstechnik gewonnenen Messdaten

durch angepasste Ausrichtemethoden sowie die Verwendung und Beurteilung unterschiedlicher Oberflächeninformationen.

3.2 Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels

- *Methodischer Ansatz / Arbeitsschritte / Personaleinsatz*

Im Folgenden wird der Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels in Form von Arbeitspaketen beschrieben. Dabei wird neben den Inhalten auch auf die wissenschaftlichen Methoden eingegangen. Der wissenschaftliche Mitarbeiter soll während der gesamten Projektbearbeitung von 24 Monaten durch einen studentischen Hilfwissenschaftler unterstützt werden.

AP1: Anforderungsdefinition

- Definition der Anforderungen in Form eines Lastenheftes
- Definition der Datenschnittstellen
- Aufbau einer Datenstruktur (offenes erweiterbares Format - für die gemessenen Topografie-, Neigungs- und Krümmungsdaten)
- Design und Fertigung von realen als auch simulierten Demonstratorgeometrien mit unterschiedlichen Fehlercharakteristiken

AP2: Automatische Grobregistrierung

- Entwicklung und Untersuchung unterschiedlicher Ausrichteverfahren zur automatischen Vorausrichtung der Messpunktvolke an den Designdaten durch:
 - Variation der Ausgangslage
 - Ausrichtung mit reduzierter Datensatzgröße z. B. durch Verwendung von Profilschnitten
 - Merkmalsbasierte Ausrichtung auf Basis der gemessenen Neigungs- bzw. Krümmungsdaten
- Entwicklung von Kriterien zur Analyse der Oberflächengeometrie bzw. der Oberflächenvariationen und Erstellung einer angepassten Vorgehensweise für die Grobausrichtung

AP3: Automatische Segmentierung

- Automatisches Clustern von Messdatenbereichen mit unterschiedlichen Oberflächencharakteristiken
- Entwicklung von Kriterien zur Bewertung der identifizierten Bereiche und Identifikation der zu präferierenden Ausrichtebereiche

AP4: Best-Fit-Ausrichtung

- Entwicklung von optikspezifischen Algorithmen zur Ausrichtung der Messpunktvolke im Koordinatensystem der Designdaten durch Minimierung:
 - der Abstände entlang der optischen Achse bzw. normal zur Oberfläche
 - der relativen bzw. absoluten Winkelunterschiede zwischen den Oberflächennormalen
 - der Krümmungsunterschiede
- Kombination und Gewichtung von unterschiedlichen Ausrichtekriterien
- Berechnung der Abweichungskarten für Topografie, Neigung und Krümmung

AP5: Test / Verifikation der entwickelten Softwarealgorithmen

- Untersuchung der Ausrichtegüte und Wiederholpräzision mithilfe von realen als auch simulierten Messdaten

AP6: Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit, Berichtswesen

- Ständige wissenschaftliche Aufbereitung der Projektergebnisse und Veröffentlichung in relevanten Medien.

Arbeitspakete 1 - 4 folgen jeweils mit leichtem Überlapp aufeinander, parallel dazu werden in AP 5 die entwickelten Algorithmen getestet und verifiziert. Über den ganzen Förderzeitraum wird AP 6 (Dokumentation, Öffentlichkeitsarbeit und Berichtswesen) bearbeitet. Zur Sicherstellung der Erreichung der gesetzten Ziele werden Meilensteine definiert.

- Meilenstein 1 (nach AP1): Anforderungen und Datenschnittstellen definiert, Demonstratorgeometrien realisiert
- Meilenstein 2 (nach AP3): Algorithmen zur automatischen Grobregistrierung und Segmentierung entwickelt und verifiziert
- Meilenstein 3: Projektabschluss

4. Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft

Über die ohnehin bestehenden Verpflichtungen hinaus (Projektbegleitender Ausschuss / Zwischenbericht / Schlussbericht / Veröffentlichung der Ergebnisse) sind weitere Transfermaßnahmen beabsichtigt:

- Publikationen des Entwicklungsfortschritts und der Projektergebnisse im Internet
- wissenschaftliche Publikationen und Beiträge in Fachzeitschriften (z. B. tm – technisches Messen)
- Vorstellung der Ergebnisse (bspw. durch Vorträge oder Posterpräsentation):
 - im DIN-Normenausschuss Feinmechanik und Optik (NAFuO), Arbeitskreis Freiformflächen (NA 027-01-02-04)
 - auf Fachtagungen (z. B. SPIE), Messen und Seminaren
- Übernahme der Ergebnisse in die akademische Lehre der RWTH Aachen

5. Nutzen und wirtschaftliche Bedeutung der angestrebten Forschungsergebnisse für KMU

5.1 Voraussichtliche Nutzung der angestrebten Forschungsergebnisse in KMU

- in den Fachgebieten (Zuordnung gemäß Vordruck [4.1.23])
»Produktion«, »Elektrotechnik, Mikrosystemtechnik, Medizintechnik«,
»Mess-, Regel-, Automatisierungstechnik«
- in den Wirtschaftszweigen (Zuordnung gemäß Vordruck [4.1.24])
»26 - Glasgewerbe, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden«
»29 - Maschinenbau«
»33 - Feinmechanik und Optik«

5.2 Voraussichtlicher Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der KMU

Die Hersteller von Ultrapräzisionsmesstechnik und der dazugehörigen Auswerteprogramme sind zumeist kleine oder mittelständische Unternehmen. Die im Rahmen dieses Projektes entwickelten Softwarealgorithmen zur Messdatenauswertung unterstützen diese Firmen bei der Erweiterung des Einsatzgebietes ihrer Messtechnik auf den Bereich der Optikprüfung und hierbei insbesondere für die Inspektion von Freiformoptiken. Dies sichert nachhaltig die Wettbewerbsfähigkeit dieser Hersteller, von denen einige dem projektbegleitenden Ausschuss (PA) angehören werden.

Die Verwendung der entwickelten Datenauswertealgorithmen im Bereich der Optikproduktion unterstützt innovative KMUs bei der Herstellung von komplexen Optiken, die Kompensation von Fertigungsfehlern und der funktionsorientierten Prüfung von Optiken mittels Raytracing. Dies führt zu verkürzten Anlaufphasen und ermöglicht die schnelle Umstellung der Fertigung auf ein anderes Produkt.

Im Projekt durchgeführte Untersuchungen führen darüber hinaus zu wichtigen Erkenntnissen über den Einfluss von Herstellparametern auf die Formgenauigkeit der optischen Oberflächen. Aus diesen Gründen profitieren sowohl Hersteller von Ultra-Präzisionsmesstechnik als auch aus der Optikindustrie aus den Resultaten dieses Projektes.

5.3 Aussagen zur voraussichtlichen industriellen Umsetzung der FuE-Ergebnisse nach Projektende

- Wirtschaftliche/technische Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont)

Nach erfolgreichem Abschluss des Vorhabens ist eine Implementierung der entwickelten Softwarealgorithmen innerhalb kurzer bis mittelfristiger Zeit realisierbar. Es besteht großer Bedarf für diese Art der Datenauswertung, sodass interessierte Messtechnikhersteller die entwickelten Algorithmen in kommerziell erhältliche Auswerteprogramme implementieren werden. Hierzu sind die Algorithmen bezüglich Geschwindigkeit und Performance zu optimieren, eine grafische Bedienoberfläche sowie die Schnittstellen zu den entsprechenden Auswerteprogrammen zu erstellen. Dieser Transfer und die anschließenden Testphasen können innerhalb von einem Personenjahr realisiert werden.

- Einschätzung der Finanzierbarkeit einer anschließenden industriellen Umsetzung

Die industrielle Umsetzung durch Optimierung der entwickelten Algorithmen bezüglich ihrer Performance, Realisierung der Schnittstellen zu entsprechenden Auswerteprogrammen und der grafischen Bedienoberfläche ist mit relativ geringem finanziellen Aufwand verbunden. Aufgrund der Tatsache, dass nach Ende der Projektlaufzeit die Algorithmen realisiert und getestet sind, entfällt das andernfalls hierfür zu kalkulierende finanzielle Risiko. Bei den zur Umwandlung in ein kommerzielles Produkt zu realisierenden Programmierarbeiten handelt es sich um Standardprozeduren und erfordert ausschließlich personelle Kapazitäten in Höhe von ca. einem Personenjahr.

6. Durchführende Forschungsstelle

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. F. Klocke

Steinbachstraße 17

52074 Aachen

Projektleiter: Dr.-Ing. Stephan Bichmann

Ort, Datum