

Projektplan

TWI-Stitch: Kombination von Subaperturen zur hochgenauen Vermessung asphärischer Flächen unter Verwendung eines speziell angepassten Tilted Wave Interferometers (18592 N)

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie hat die Optischen Technologien als eine der Schlüsseltechnologien Deutschlands erkannt. Auf seiner Webseite schreibt das Ministerium:

„Die modernen Optischen Technologien sind als "Enabling Technology" Grundlage und Voraussetzung für andere technologische Entwicklungen und deren Anwendungen. Sie sind dadurch wichtige Innovationstreiber. Anwendungsbereiche der Optischen Technologien sind insbesondere Produktionstechnik, Bildverarbeitung und Messtechnik, Medizintechnik und Lebenswissenschaften, Beleuchtungstechnik, Energietechnik sowie optische Komponenten und Systeme.“ (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie 2013)

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. Deutschland besitzt technologische Spezialkompetenzen und exzellente Fertigungsmethoden für die Herstellung von Präzisionsoptiken in kleinen Losgrößen. Dies gilt es heute weiter auszubauen und zu stärken. Dabei liegt die Herausforderung in der Erfüllung der Forderungen nach immer komplexer werdenden Geometrien sowie steigender Qualität. Dabei muss die Herstellung dieser Optiken mit den Weltmarktpreisen einfacherer Systeme konkurrieren. Die gehobene Qualität wird vom Markt honoriert, jedoch stets im Vergleich mit der kostengünstigeren Alternative. Eine Grundvoraussetzung für die Qualität von Präzisionsoptiken sind vor allem wiederholbare und präzise Messergebnisse.

Großes Potential dabei besitzt die optische, berührungslose Messtechnik der Interferometrie, deren Vorteil in der zerstörungsfreien, flächenhaften, genauen, hochauflösenden und schnellen Erfassung von Oberflächen liegt. Um jedoch asphärische Linsen prüfen zu können ist eine spezielle Anpassung der emittierten Wellenfront durch zwischengeschaltete Strahlformer, die an die jeweilige Prüflingsgeometrie angepasst sind, nötig. Dies schränkt die Flexibilität der Interferometrie stark ein. Zur Vermeidung dessen wird auf ein neu entwickeltes Tilted Wave Interferometer zurückgegriffen, welches auch sehr starke asphärische Abweichungen ohne die teuren und zeitaufwändigen Strahlformer erfassen kann.

Ein weiteres Problem liegt in der Vermessung konvexer Optiken mit Durchmessern größer 200 mm. Hier kann das Zusammenfügen von Subaperturen, das sogenannte Stitching, Abhilfe schaffen. Durch die Kombination eines Tilted Wave Interferometers und der Stitching Technologie sind daher nahezu beliebige Prüflingsgeometrien messbar. Neue, innovative Produkte können somit von Firmen entwickelt, wirtschaftlich geprüft und damit erst gefertigt werden. Zu den Anwendungsbeispielen, für die noch keine zufriedenstellende Messtechnik verfügbar ist und die daher direkt vom Einsatz der anvisierten Messmethode profitieren würden,

gehören lichtstarke Optiksyste me für die Fernerkundung, astronomische Teleskopsysteme oder auch Hochenergieoptiken.

Das hier beantragte Forschungsvorhaben „TWI-Stitch – Kombination von Subaperturen zur hochgenauen Vermessung asphärischer Flächen unter Verwendung eines speziell angepassten Tilt ed Wave Interferometers“, will damit den deutschen Optikherstellern - darunter viele KMU - ein Hilfsmittel zur effizienten und qualitativ hochwertigen Fertigung von optischen Bauteilen an die Hand geben.

Forschungsziel

Speziell für die Vermessung großer, konvexer optischer Oberflächen steht keine zufriedenstellende Möglichkeit der Messung zur Verfügung. Hier setzt das Projekt TWI-Stitch an, um Firmen, unter denen sich auch kleine und mittlere Unternehmen befinden, eine neue, hochflexible Messmethode anbieten zu können. So lässt sich der Materialeinsatz, der für die Bestimmung von Oberflächenfehlern nötig ist, klein halten und eine wirtschaftliche Kleinserienfertigung komplexer Optiken wird erst ermöglicht.

Ein großer Vorteil entsteht auch für Optikhersteller, Optikmaschinenbauer und Optikdesigner wie beispielsweise Beleuchtungsdesigner, Teleskophersteller und Messmittelhersteller, worunter sich ebenfalls eine Vielzahl an KMU befindet. Durch die angestrebte Steigerung der Flexibilität und Messgeschwindigkeit lassen sich in kürzerer Zeit komplexere Projekte umsetzen, was vorrangig dem Hochtechnologieland Deutschland zugutekommen wird. Somit können neue und innovative Produkte entwickelt und mit dem im Projekt TWI-Stitch entstandenen Wissen auch vermessen und damit gefertigt werden.

Das Ziel des Projekts TWI-Stitch besteht darin, in einem ersten Schritt eine schnelle, berührungslose Messmethode mit hoher Ortsauflösung für große, konvexe asphärische Flächen zu erstellen. Das Tilt ed Wave Interferometer bietet weiterhin die Möglichkeit einer Vermessung beliebig geformter optischer Oberflächen. Mit der Technologie sollen somit auch off-axis Flächen und damit freigeformte Flächen vermessen werden können. Um die messbaren Durchmesser nicht zu begrenzen werden mit dem Tilt ed Wave Interferometer einzelne über die Messfläche verteilte Subaperturen mittels einer Stitching Software zur Gesamtmessung zusammengefügt. Ein großer Vorteil für das Projekt TWI-Stitch liegt in der Chance Optiken mit großen Durchmessern direkt an der Technischen Hochschule Deggendorf zu fertigen. Somit kann schnell auf Erkenntnisse im Projekt reagiert werden und eine zielführende Umsetzung wird somit erst möglich.

Lösungsweg

Ein Standard-Interferometer kann nur messen, wenn das Licht in guter Näherung senkrecht auf die Oberfläche des Prüflings trifft, denn nur dann wird es zum Detektor zurückreflektiert und kann ein Messsignal erzeugen. Wenn eine Asphäre vermessen werden soll, trifft das Licht nicht mehr senkrecht auf die Oberfläche, das Licht wird weggespiegelt und geht für die Messung verloren.

Beim Tilted Wave Interferometer (TWI) hingegen wird der Prüfling mit Hilfe eines Punktlichtquellenarrays aus einigen hundert, sehr genau bekannten Richtungen beleuchtet [GAR08]. Somit findet sich für jeden Ort auf dem Prüfling mindestens eine Quelle, die den Prüfling so beleuchtet, dass ein auswertbares Messsignal erzeugt wird. Damit lassen sich auch starke Asphären und Freiformflächen in wenigen Sekunden flächig vermessen. Die Erweiterung auf große konvexe Flächen größer 300 mm stellt eine neue messtechnische Herausforderung dar.

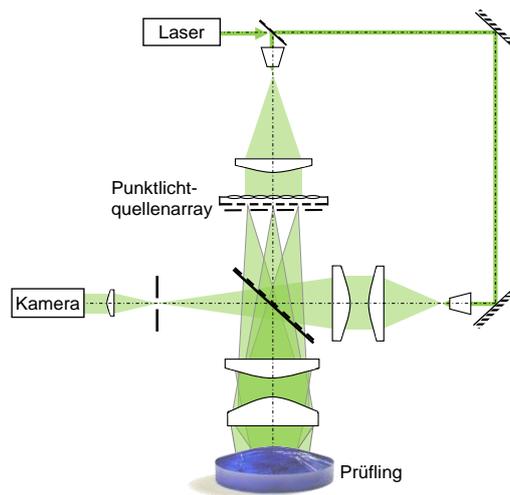


Abbildung 1: Prinzip-Skizze eines Tilted Wave Interferometers.

Im Zuge der Forschungsarbeit an der Technischen Hochschule Deggendorf entstand eine an ein Standard-Fizeauinterferometer angepasste Stitching Software. Es konnte eine Vergleichbarkeit zu etablierten Messmethoden aufgezeigt werden.

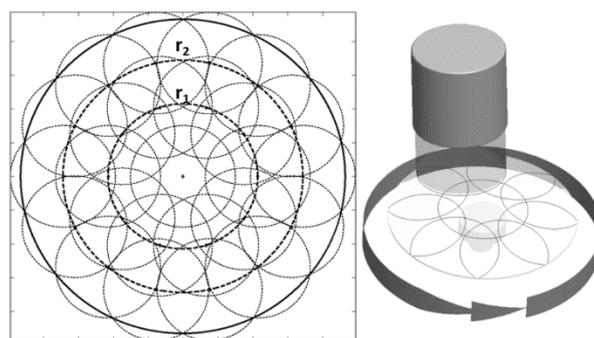


Abbildung 2: Stitching Muster einer Testsphäre

Ziel im Projekt TWI-Stitch ist es, die bisher gewonnenen Erkenntnisse zu verwenden und eine neue und eigens für ein Tilted Wave Interferometer angepasste Stitching Software zu entwickeln. Dabei ist als wesentlicher Unterschied des TWI zum Standard-Fizeau-Interferometer die erheblich komplexere Kalibrierfunktion des TWI zu nennen. Diese ermöglicht erst die hohe Flexibilität des Ansatzes, die es gestatten wird, den Prüfling in nur wenigen Subaperturen zu vermessen. Die Unterschiede zu herkömmlichen Interferometern und die damit

einhergehenden Veränderung der Eingangsdaten, der steileren Oberflächengradienten in jeder Subapertur und der anderen Berücksichtigung der Redundanzen aus den Überlappbereichen, insbesondere im Zusammenhang mit der Kalibrierfunktion, die im Gegensatz zu Standard-Interferometern nicht Pixel- sondern volumenbasiert ist, erfordern die Untersuchung grundsätzlich neuer Ansätze.

Nutzen und wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas

Das in TWI-Stitch entstandene Wissen ist grundsätzlich für alle Optikhersteller interessant, die sich mit der Fertigung asphärischer Linsen und Freiformflächen beschäftigen, da diesen ein flexibles und hochgenaues Messmittel an die Hand gegeben werden kann. Dies ist speziell für den Hochtechnologiestandort Deutschland ein entscheidendes Kriterium, da eine wirtschaftliche Fertigung einfacher sphärischer oder planer Flächen durch die starke Konkurrenz aus Asien nicht mehr möglich ist. Durch die erhöhte Flexibilität bei den Optikherstellern entsteht neues Innovationspotential für Optikdesigner und Optikmaschinenbauer. Speziell diese Gruppen bestehen primär aus kleinen Ingenieurbüros, also vorrangig aus KMUs. Dadurch kann die Wettbewerbsfähigkeit der am Projekt beteiligten KMUs nachhaltig gesteigert werden und Arbeitsplätze in Deutschland gesichert. Das hohe Interesse von KMUs zeigt sich auch in der Zusammensetzung des projektbegleitenden Ausschusses, der zu 75 % aus kleinen und mittleren Unternehmen besteht.

Auch mit der Erschließung neuer, bisher optikferner Märkte kann gerechnet werden, da bisher nicht messbare und dadurch nicht fertigbare Formen und damit verbundene Anwendungszwecke mit der in TWI-Stitch entwickelten Messtechnik offenstehen. Somit können mit dem Projekt TWI-Stitch neue Standards zu Messfehlergrenzen entstehen und branchenübergreifende positive Effekte sind zu erwarten.