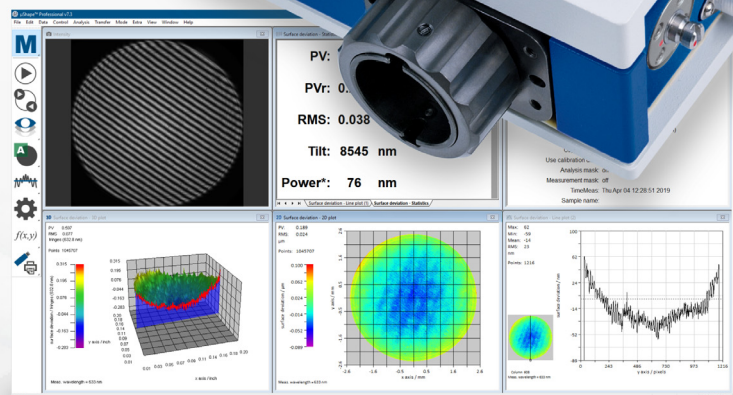




μ Phase[®] & μ Shape

Interferometersysteme
kompakt und modular



μPhase[®] Interferometer

Messen mit höchster Präzision

μPhase[®] Interferometer bieten objektive und präzise Messergebnisse von Oberflächen- und Wellenfrontmessungen - schnell und zuverlässig.

μPhase[®] Interferometer sind kompakte und digital-optische Messsysteme, die in nahezu jeder Arbeitsumgebung eingesetzt werden können. Diese Messsysteme werden durch die Mess- und Analysesoftware μShape perfekt ergänzt und erfüllen höchste Ansprüche des Qualitätsmanagements.

Starke Argumente für die μPhase[®] Interferometer-Produktlinie

- Kompakte Größe und Modularität ermöglichen die Anpassung an eine Vielzahl von Produktions- und Arbeitsumgebungen
- Eine objektive digitale Messung verhindert menschliche Fehler
- Eine gut strukturierte und umfassende Software unterstützt sowohl die Produktion als auch den Laborbetrieb

Messen ohne Spuren zu hinterlassen

Die μPhase[®] Interferometersysteme dienen zur Messung hochpräziser optischer Bauteile aus Glas, Kunststoff, Metall, Keramik oder ähnlichem. Die berührungslos messende Methode verhindert eine mechanische Beschädigung des Prüflings und ermöglicht eine genaue Bewertung der gesamten Oberfläche bzw. Wellenfront.

Modulares System mit eigenständigen Interferometern und schlüsselfertigen Lösungen

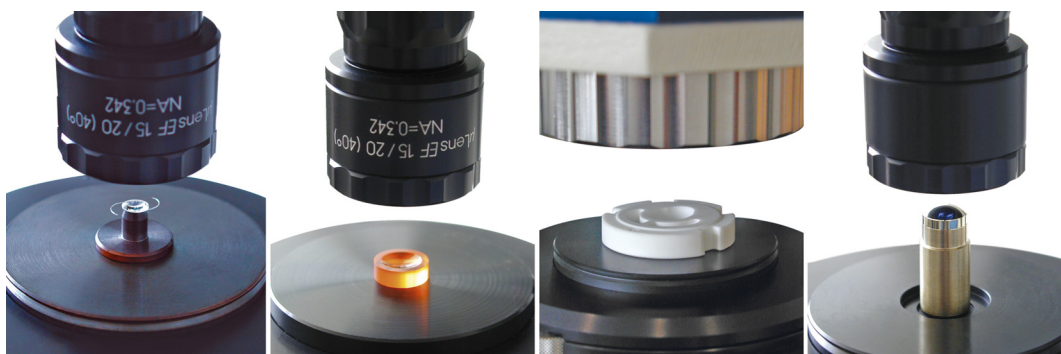
TRIOPTICS bietet μPhase[®]-Interferometer als eigenständige modulare Einzelsysteme sowie als standardisierte Gesamtlösungen an.

μPhase[®]-Kunden schätzen besonders das platzsparende und modulare Konzept der μPhase[®]-Produktlinie, das eine flexible und kostengünstige Nutzung dieser Messsysteme garantiert.

Die verschiedenen Teile der μPhase[®]-Interferometer-Produktlinie sind untereinander kompatibel und bilden leistungsstarke Messgeräte.

μShape Interferometer-Software	μPhase [®] Sensoren				
	μPhase [®] 3.1	μPhase [®] 3.2	μPhase [®] 3.3		
	schlüsselfertige μPhase [®] Lösungen (Sensor + Stativ + Software)				
	PLANO DOWN	PLANO UP SPHERO UP	VERTICAL + Tray	UNIVERSAL	ST + R

μLens PLANO und SPHERO Objektive



Verschiedene Musterbeispiele: Formwerkzeug, IOL, keramische Dichtflächen, Zerodur-Sphäre

μPhase[®] 3 Sensoren

Die flexibelsten Interferometersensoren

Diese hochintegrierten phasenschiebenden Twyman-Green-Interferometer erfüllen die höchsten Anforderungen an ein modernes Qualitätsmanagement. In Kombination mit der Mess- und Analysesoftware μShape liefert dieses hochleistungsfähige Präzisionsmessgerät Informationen über die Oberfläche, Wellenfront oder die Aberrationen des zu prüfenden Objektes.



Vorteile von μPhase[®]-Sensoren

- Die kompakte Größe und Modularität ermöglichen die Anpassung an unterschiedlichste Produktions- und Arbeitsumgebungen
- Einfachste und schnellste Anpassung an verschiedene Reflektivitäten zur optimalen Einstellung des Bildkontrasts
- Einfachste und schnellste Ausrichtung des Prüflings durch eine zweite Kamera zur Vorjustage
- Hochauflösende Kameras: 1200x1200 Pixel und 600x600 Pixel (μPhase[®] 3.1)
- Fokussierbarkeit auf Objektebene (nur μPhase[®] 3.3)
- Hohe Flexibilität: In jeder Orientierung und mit verschiedenen Stativen einsetzbar
- Messgenauigkeit rückführbar auf internationale Standards
- Messwellenlänge 632,8 nm; auf Anfrage sind auch kundenspezifische Versionen mit Wellenlängen zwischen 355 nm und 1100 nm erhältlich
- Robustes, staubdichtes Gehäuse

	Technische Daten
Messprinzip	phasenschiebendes Twyman-Green Interferometer, optional im Fizeau-Messmodus verwendbar
Messanwendung	Oberflächentopografien von reflektiven Oberflächen und Wellenfrontmessung von optischen Systemen in Transmission
Wellenlänge Laser	632,8 nm; optional: Wellenlängen zwischen 355 nm und 1100 nm
PV Wiederholbarkeit ¹⁾	$\lambda / 400$ ($\lambda = 632,8$ nm)
RMS Wiederholbarkeit ¹⁾	$\lambda / 6500$ ($\lambda = 632,8$ nm)
Messunsicherheit	$\lambda / 20$ ($\lambda = 632,8$ nm), andere auf Anfrage
Kameraauflösung	μPhase [®] 3.1: 600 x 600 Pixel μPhase [®] 3.3: 1200 x 1200 Pixel
Digitalisierung	12 bit
Laserschutzklasse	mit Sicherheitshalter: Klasse 1; Laser freistehend: 3B

1) Ermittelt aus 100 aufeinanderfolgenden Messungen über 96% freie Apertur mit 16 Phasenmittelungen in stabiler Messumgebung.

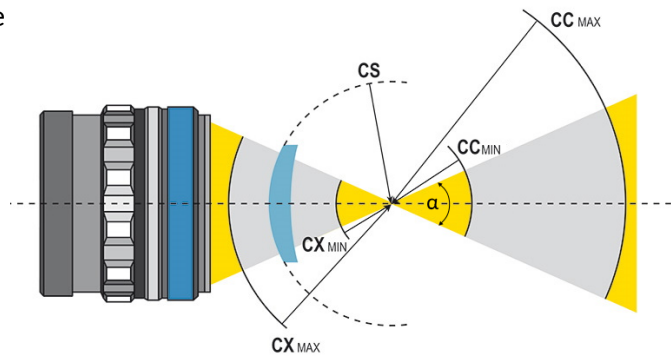
μLens Objektive

Die kollimierten μLensPLANO Testobjektive und die sphärischen μLens SPHERO Objektive ergänzen das Portfolio der μPhase[®] Interferometriesysteme und erhöhen die Flexibilität und Modularität des Messsystems. Die μLens PLANO Objektive ermöglichen Messungen von ebenen Oberflächen oder optischen Systemen in Transmission von 2mm bis 150mm im Durchmesser. Mit den sphärischen Objektiven μLens SPHERO können sowohl sphärische als auch schwach asphärische Oberflächen sowie optische Systeme in Transmission getestet werden. Messbarer Flächenradius (konvex und konkav) sowie Durchmesser hängen vom jeweiligen Prüfobjektiv ab.

Die 100mm PLANO Objektive ermöglichen auch die Nutzung gängiger Fizeau-Objektive (Fizeau lenses / Transmission spheres).

Weitere Vorteile:

- Bestehende μPhase[®]-Systeme können aufgrund der Modularität und Kompatibilität des Objektivdesigns einfach und kostengünstig erweitert werden
- Messung kleiner Proben mit Radien unter 1 mm ist möglich
- Hohe Messgenauigkeit durch minimale Wellenfrontaberration des μPhase[®] und der μLens-Objektive
- Die Bildfeldkorrektur ermöglicht eine hohe Messsicherheit und Interferometrie auch bei hoher Streifenanzahl



CX_{MAX} = max. konvexer Krümmungsradius (ROC > 0) CS = Prüflingsradius
 CX_{MIN} = min. konvexer Krümmungsradius (ROC > 0)
 CC_{MAX} = max. konkaver Krümmungsradius (ROC < 0)
 CC_{MIN} = min. konkaver Krümmungsradius (ROC < 0)

Schematische Darstellung des Messbereiches von sphärischen Objektiven

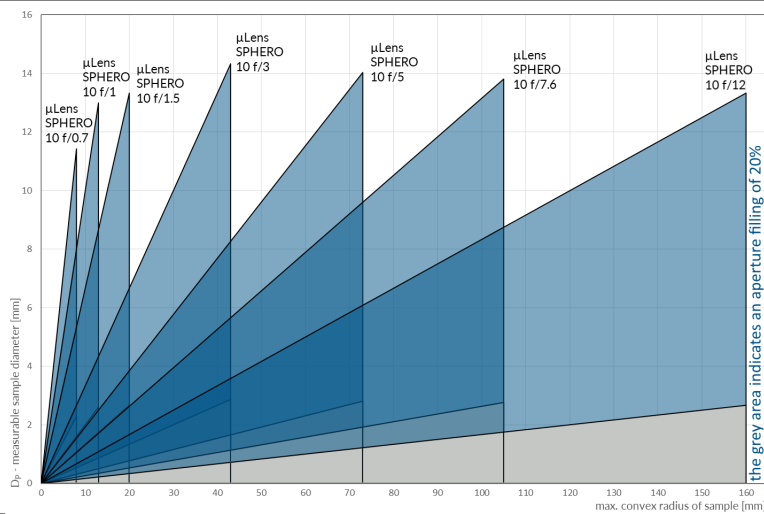
Übersicht μLens PLANO

Bezeichnung	Numerische Apertur [mm]	Prüflingsdurchmesser [mm]
μLens PLANO 2	2	0,2 - 2
μPhase [®] Grundgerät	5	1-5
μLens PLANO 10	10	2-10
μLens PLANO 50	50	10-50
μLens PLANO 100	100	20-100
μLens PLANO 150	150	30-150

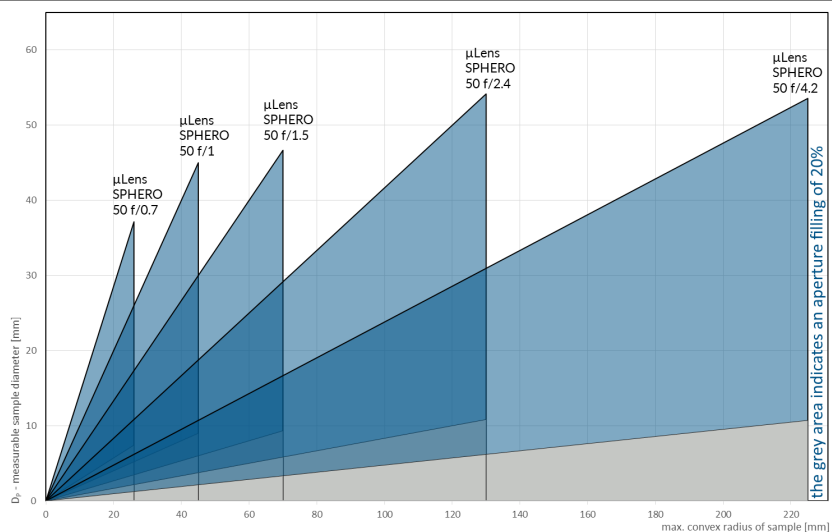
Informationen zu Objektiven für die Kombination mit μLens PLANO 100 und 150 erhalten Sie auf Anfrage.

Übersicht μ Lens SPHERO

Bezeichnung	f-Nummer	NA	α [°]	CXmax [mm]
μ Lens SPHERO 10 f/0.7	0.7	0,71	90	8,0
μ Lens SPHERO 10 f/1.0	1	0,50	60	13,0
μ Lens SPHERO 10 f/1.5	1.5	0,34	40	20,0
μ Lens SPHERO 10 f/3	3.0	0,17	19	43,0
μ Lens SPHERO 10 f/5.2	5.2	0,1	11	73,0
μ Lens SPHERO 10 f/7.6	7.6	0,07	4	108
μ Lens SPHERO 10 f/12	12	0,04	2	123



Bezeichnung	f-Nummer	NA	α [°]	CXmax [mm]
μ Lens SPHERO 50 f/0.7	0.7	0,71	90	26
μ Lens SPHERO 50 f/1.0	1	0,56	60	45
μ Lens SPHERO 50 f/1.5	1.5	0,34	40	70
μ Lens SPHERO 50 f/2.4	3.0	0,21	24	130
μ Lens SPHERO 50 f/4.1	4.1	0,12	14	225



Schlüsselfertige μ Phase[®] Lösungen



Standard Optional

		PLANO DOWN	PLANO UP	SPHERO UP
1	Messen von ebenen Oberflächen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Messen von sphärischen Oberflächen			<input checked="" type="checkbox"/>
3	Messen von asphärischen Oberflächen			
4	Messen von Wellenfronten in Transmission	<input type="checkbox"/>		
5	Messen von Radien			relativ
6	Geringe Vibrationsempfindlichkeit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Verwendung in der Produktion	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Verwendung im Qualitätsmanagement	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Verwendung in der Entwicklung			
10	Messaufbau	vertikal	vertikal	vertikal
11	Modularität / Nachrüstbarkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Stativ	Tischgerät	Tischgerät	Tischgerät
Besondere Merkmale				
13	Eigenständiges Setup (kein Optiktisch nötig)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	Radius- / Positionsmessung			
15	Automatisierte Serienmessung			
16	Verwendung von CGH für Asphären			
17	zweite bewegliche Plattform			



	ST	ST + R	VERTICAL	VERTICAL PRO	UNIVERSAL
1	■	■	■	■	■
2	■	■	■	■	■
3			□	□	□
4	□	□	□	□	□
5	relativ	relativ + absolut	absolut, automatisiert	absolut, automatisiert	absolut
6					
7	■	■	■	■	□
8	■	■	■	■	
9	■	■	■	■	■
10	vertikal	vertikal	vertikal	vertikal	horizontal
11	■	■	■	■	■
12	Tischgerät	Tischgerät	Tischgerät	Tischgerät	
13	□	□	□	□	
14	■	■	■	■	■
15			□	■	
16					□
17				■	

μShape Software

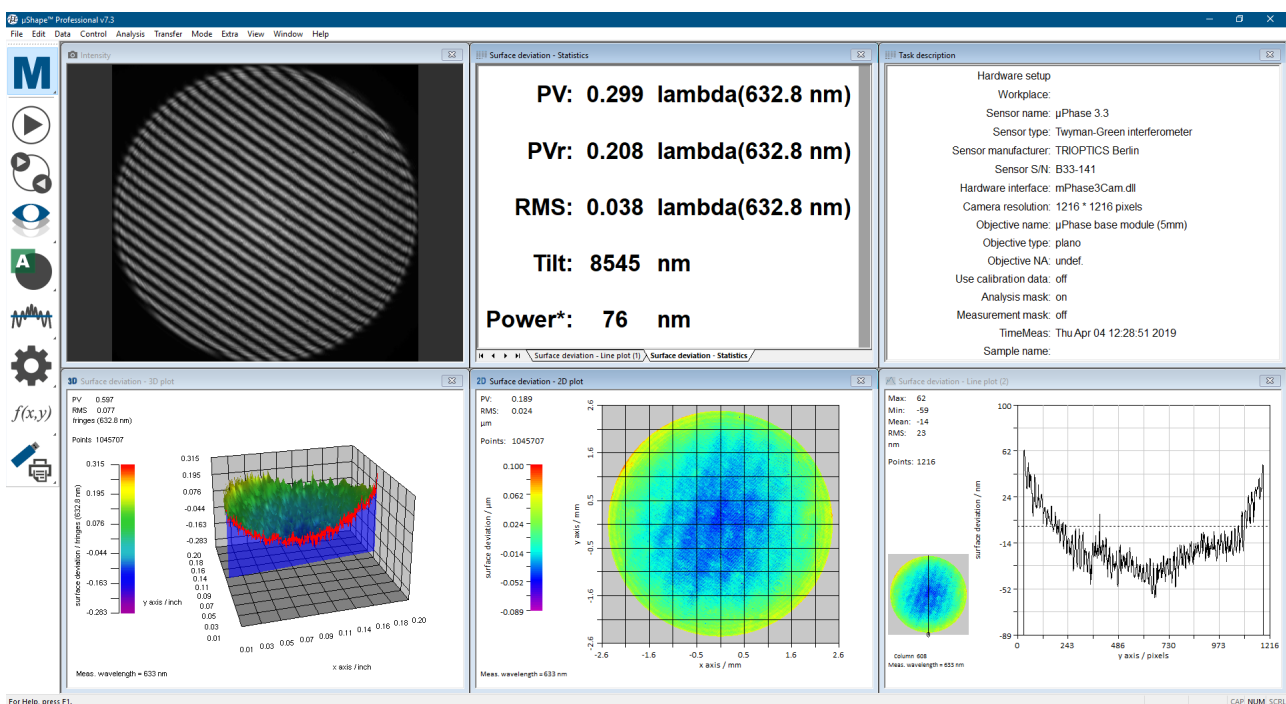
Die μShape Software wird zum Messen der Topographie von ebenen, kugelförmigen, zylindrischen, torischen und asphärischen Oberflächen oder Wellenfronten verwendet und findet Anwendung in Produktion, Labor und Forschung. Zusatzmodule ermöglichen die Anpassung der Software an kundenspezifische Anforderungen. Diese Module können auch nach dem Ersterwerb jederzeit noch hinzugefügt werden. Die μShape Software ist bereits auf dem PC oder Laptop vorinstalliert, welcher Bestandteil jedes μPhase[®] Interferometersystems von TRIOPTICS ist.

Mit ihrer übersichtlichen und menügesteuerten Benutzeroberfläche ist die μShape Software perfekt für die verschiedenen Messanforderungen geeignet und bietet mehrere Module, welche die Funktionalität von μShape erweitern.

μShape läuft mit allen aktuellen Windows[®]-Versionen und ist für leichte Bedienbarkeit und modulare Funktionalität konzipiert. Sie steuert die Messung, zeigt die Ergebnisse an, speichert die Messrohdaten, dokumentiert alle Mess- und Auswerteschritte und sorgt so für maximale Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Messergebnisse.

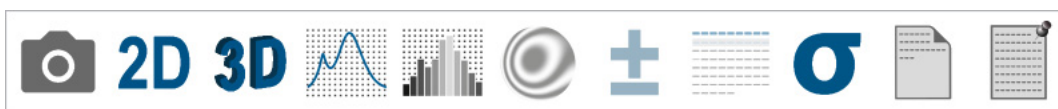
Nachrüstung Labor-Interferometer

Die μShape Interferometersoftware wurde ursprünglich für die μPhase[®] Interferometer entwickelt. In Kombination mit einer allgemeinen Hardwareschnittstelle unterstützt das μShape GenPack auch Interferometersysteme anderer Hersteller.



Eigenschaften der μ Shape Mess- und Analysesoftware (Auswahl)

- Verschiedene **Benutzerlevel** mit unterschiedlichen Zugriffsrechten
- **Tastenkombinationen** für die am häufigsten verwendeten Funktionen
- Umfassende kontextsensitive **Direkthilfe**
- Verschiedene **Programmmodi** ermöglichen die getrennte Visualisierung von Kalibrier- und Messvorgängen und deren Parameter mit einem integrierten Live-Kamerabild
- Automatische Aktualisierungen von Anzeigen und Bildern nach jeder Änderung der Analyseparameter ermöglichen eine **erneute Analyse** der Messungen ohne neue Messung
- Einfache **vorkonfigurierbare Vorlagen** für eine Vielzahl von Messaufgaben und Analysen; die Vorlagen enthalten alle Parameter und Einstellungen, einschließlich der Darstellung auf dem Bildschirm
- Speichern von grafischen Ansichten in **verschiedenen Grafikformaten**
- **Export** einzelner Parameter oder ausgewählter Datenfelder als Text-, Binär- oder andere gängige Dateiformate (z. B. QED, Zygo XYZ, DigitalSurf) zur externen Weiterverarbeitung
- Die **Messergebnisse** werden mit Parametern oder grafisch als Profilschnitt, in 2D oder 3D dargestellt



- Konfigurierbare **Messprotokolle** zeigen die Ergebnisse auf einen Blick
- Weitere Analysen wie **Zernike, Seidel, ISO, Legendre, Slope**

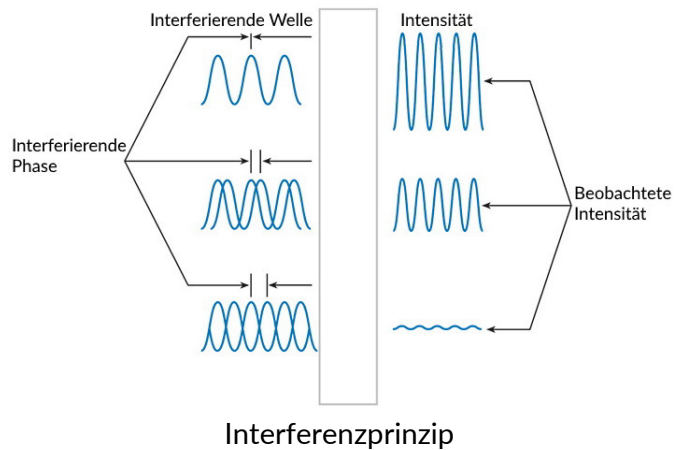


- Zugriffsschutz und Konfiguration von **Zusatzmodulen** per **Dongle**
- Analyse von **asphärischen, zylindrischen** oder **torischen** Flächen in sphärischen oder CGH-Messanordnungen
- **Externes Interface** zum Steuern des Interferometers durch externe Programme, z.B. in automatisierten Systemen
- **MTF** Analyse fokaler oder afokaler optischer Komponenten und Systeme
- **Multi-Aperturen** mit nur einer Messung erfassen, z.B. Polierköpfe
- Gleichzeitige Statistikanalyse mehrerer Teilflächen (**MultiStat**), einschließlich Toleranzanalyse und Gut / Schlecht-Indikation
- Messung und Analyse von **Prismen** und **Keilwinkeln**
- Berücksichtigung bekannter Prüflingsabweichungen, z.B. Abweichungen durch das optische Design (**Sample Normal Data**)
- Analyse des Werkzeugversatzes (**Tool offset**) an Drehmaschinen
- **Statische Streifenauswertung** für schnelle Messungen in instabilen Umgebungen



Interferometrie

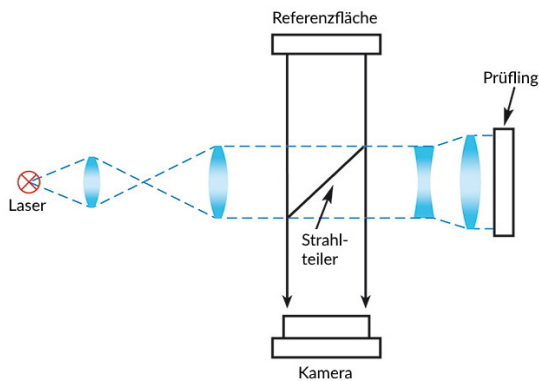
Bei der Interferometrie werden kohärente Wellenfronten überlagert. Das Ergebnis dieser Überlagerung ist ein Streifenmuster, das Interferogramm. Hierbei repräsentiert jeder Streifen eine konstante Phasendifferenz zwischen den Wellenfronten. Das Interferogramm ist also eine Art Topografiekarte des Prüflings.



Die Standardausführung eines Interferometers zur Oberflächenformprüfung besteht aus einer kohärenten, kollimierten Lichtquelle, die durch einen Strahlteiler in zwei Strahlenbündel aufgeteilt wird.

Das Messstrahlbündel wird durch eine Strahlformungsoptik in eine Wellenfront mit nahezu derselben Form wie der des Prüflings (üblicherweise plan oder sphärisch) umgewandelt. Die Strahlen treffen somit senkrecht auf den Prüfling. Bei der Reflektion wird der Formfehler des Prüflings der Messwellenfront aufgeprägt. Die so modifizierte Messwellenfront wird vom Strahlteiler mit dem Referenzstrahlbündel, das an der internen Referenzfläche des Interferometers reflektiert wird, überlagert und auf der Kamera abgebildet. Der durch die beiden Arme aufgespannte Raum bildet die sogenannte Kavität. Das Interferometer misst somit für jeden Punkt der Kavität unabhängig die optische Weglängendifferenz. Für Oberflächen- und Wellenfrontmessungen wird meist eine der beiden nachfolgend beschriebenen Konfigurationen verwendet.

Twyman-Green Setup

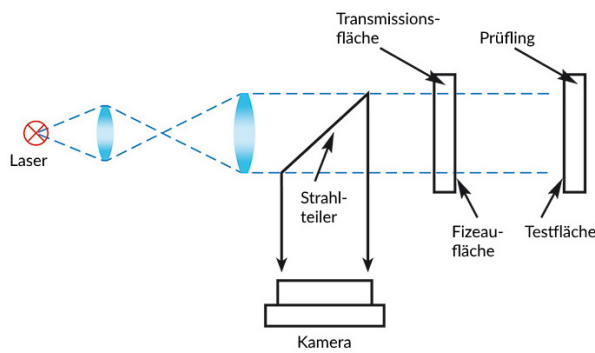


Ein Twyman-Green-Interferometer ist ein modifiziertes Michelson-Interferometer. Dieses bietet eine hohe Flexibilität, da beide Interferometerstrahlengänge unabhängig voneinander verändert werden können. So können Referenz- und Prüflingsintensität einfach aufeinander abgestimmt werden, um einen maximalen Streifenkontrast zu erzielen. Dies ist beim Messen von Prüflingen mit unterschiedlichen Reflektionseigenschaften erforderlich und erweitert den Anwendungsbereich enorm. Nur ein maximaler Streifenkontrast ermöglicht eine maximale Tiefenauflösung.

Als Referenzfläche kann ein Spiegel genutzt werden, der kostengünstig und präzise herstellbar ist, unabhängig von der Prüflingsgröße und der Prüflingsform. Die Anpassung erfolgt durch gewöhnliche Strahlformungsoptiken, die in den Messstrahlengang eingeführt wird. Im Gegensatz zur Strahlformungsoptik für Fizeau-Interferometer benötigen diese Optiken keine spezielle Fizeau-Fläche. Die Verwendung einer ebenen Referenzfläche garantiert auch eine gleichförmigen Phasenschiebung über die gesamte Apertur.

Als Folge dieser Flexibilität werden die erfassten Interferenzmuster nicht nur durch den Prüfling, sondern auch durch die Aberrationen der zusätzlichen Optiken in beiden Strahlengängen des Interferometers erzeugt. Heutzutage werden die Interferogramme jedoch nicht mehr anhand ihres Streifenmusters ausgewertet, sondern durch die Bestimmung der Phasenfläche, die das Streifenmuster hervorruft. Während dieser Analyse können die Aberrationen der zusätzlichen Optiken leicht berücksichtigt werden. Schließlich liefert die Software ein objektives digitales Messergebnis.

Fizeau Setup



Fizeau Prinzip

Die am häufigsten verwendeten Interferometersysteme für die Messung von Oberflächen sind Fizeau-Interferometer.

Hier ist die letzte Fläche der Strahlformungs-optik die sogenannte Fizeau-Fläche. Diese muss die gleiche Form wie der Prüfling haben (üblicherweise sphärisch oder plan) und konzentrisch im Strahlengang platziert sein. Damit treten die einzelnen Strahlen senkrecht durch die Fizeau-Fläche. Der größte Teil des Lichts passiert die Fizeau-Fläche und wird an der Prüflingsoberfläche reflektiert. Das reflektier-

te Licht interferiert mit dem Teil des Lichts, der an der Fizeau-Fläche reflektiert wird. Diese fungiert somit sowohl als Strahlteiler als auch als Referenzfläche. Die Länge des Referenzstrahlengangs ist nahezu gleich dem Messstrahlengang und die Kavität wird nur durch die Distanz zwischen Fizeau- und Prüflfläche gebildet und enthält keine weiteren optischen Elemente. Dies ist der Grund, warum ein Fizeau-Interferogramm die Abweichungen der Prüflings- von der Referenzfläche (Fizeau-Fläche) direkt anzeigt und es geübten Anwendern möglich ist, den Prüfling anhand des Streifenmusters direkt zu beurteilen. Die Qualität der Fizeau-Fläche bestimmt die Genauigkeit der Messung des Fizeau-Interferometers. Fizeau-Flächen sind standardmäßig mit einer Qualität von $\lambda/10 - \lambda/20$ PV, auf besonderen Wunsch auch besser erhältlich.



TRIOPTICS weltweit

Hauptsitz

- TRIOPTICS Wedel - Deutschland

Tochtergesellschaften

- TRIOPTICS Berlin
- TRIOPTICS China
- TRIOPTICS Frankreich
- TRIOPTICS Hongkong
- TRIOPTICS Japan
- TRIOPTICS Korea
- TRIOPTICS Singapur
- TRIOPTICS Taiwan
- TRIOPTICS USA
- TRIOPTICS Wetzlar

Partner

- Armstrong Optical - UK
- HP Instruments - Indien
- JSC Uran - Russland
- Optomek - Türkei
- Prolog Optics Ltd - Israel
- TECOTEC - Vietnam



TRIOPTICS Berlin GmbH • Geschäftsbereich Interferometrie
 Schwarzschildstraße 12 • 12489 Berlin / Germany
 Telefon: +49-30-6392 3456
 Fax: +49-30-6392 3452
 E-mail: support@trioptics-berlin.com
 www.trioptics.berlin

2021 TRIOPTICS Berlin GmbH • Alle Rechte vorbehalten

A member of the JENOPTIK Group