

### G Ebenheitsmessung

Mit dem Ebenheitsinterferometer lassen sich die Ebenheiten von Flächen, z. B. Hartgesteinsplatten, Maschinenfundamente, Flächen von Führungsbahnen usw. messen. Das Verfahren basiert auf der fortschreitenden Winkelmessung. Die Option Ebenheit besteht aus den Bauelementen, Abb. 1:

1 Winkelinterferometer 114	269302-4015.324
1 Doppeltripelreflektor 115	269302-4015.424
2 Fußplatte mit Drehspiegel 116	269302-4015.524
1 Fußabstandsplatte 50	269302-4011.825
1 Fußabstandsplatte 100	269302-4011.725
1 Fußabstandsplatte 150	269302-4011.625

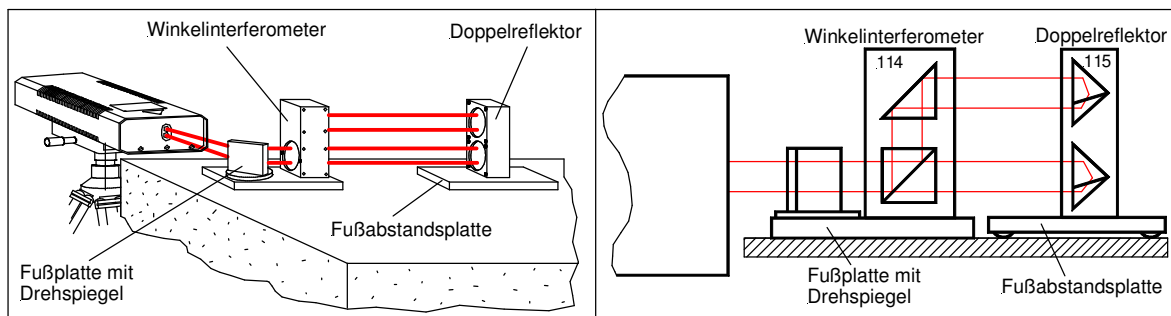


Abb. 1: Optischer Aufbau Ebenheitsinterferometer

### Funktionsbeschreibung

Das Ebenheitsinterferometer basiert auf dem Prinzip des Winkelinterferometers.

Der aus dem Lasermesskopf austretende Laserstrahl gelangt über das Winkelinterferometer auf den Doppeltripelreflektor, bei dem beide Tripelreflektoren starr miteinander verbunden sind. Im Winkelinterferometer erfolgt die polarisationsoptische Aufspaltung des Strahles. Auf einen Tripelreflektor gelangt dabei nur Licht der Frequenz  $f_1$ , auf den anderen nur Licht der Frequenz  $f_2$ . Wird der Doppeltripelreflektor nicht bewegt, detektiert der Empfänger E1 die Differenzfrequenz des Lasers  $f_1 - f_2 = 640\text{MHz}$ , die gleich dem im Lasermesskopf detektiertem elektronischen Referenzsignal E2 ist. Erfährt der Doppeltripelreflektor eine Drehung  $\phi$ , kommt es in beiden Teilstrahlen zu einer Dopplerverschiebung  $\pm df_1$  und  $\pm df_2$ , die der Auslenkung  $a$  proportional sind. Entsprechend detektiert der Empfänger E1 eine Messfrequenz  $\Delta f_{\text{Mess}} = (f_1 \pm df_1) - (f_2 \pm df_2)$  je nach Bewegungsrichtung des Doppeltripelreflektors. Beide detektierten Signale E1 und E2 werden im Hochfrequenzteil des Laserwegmesssystems miteinander verglichen. Als Ergebnis erhält man die Frequenzverschiebung  $\Delta f_{\text{Mess}}$ , die ein Maß für die gesuchte Drehung des Doppeltripelreflektors ist (Abb.3).

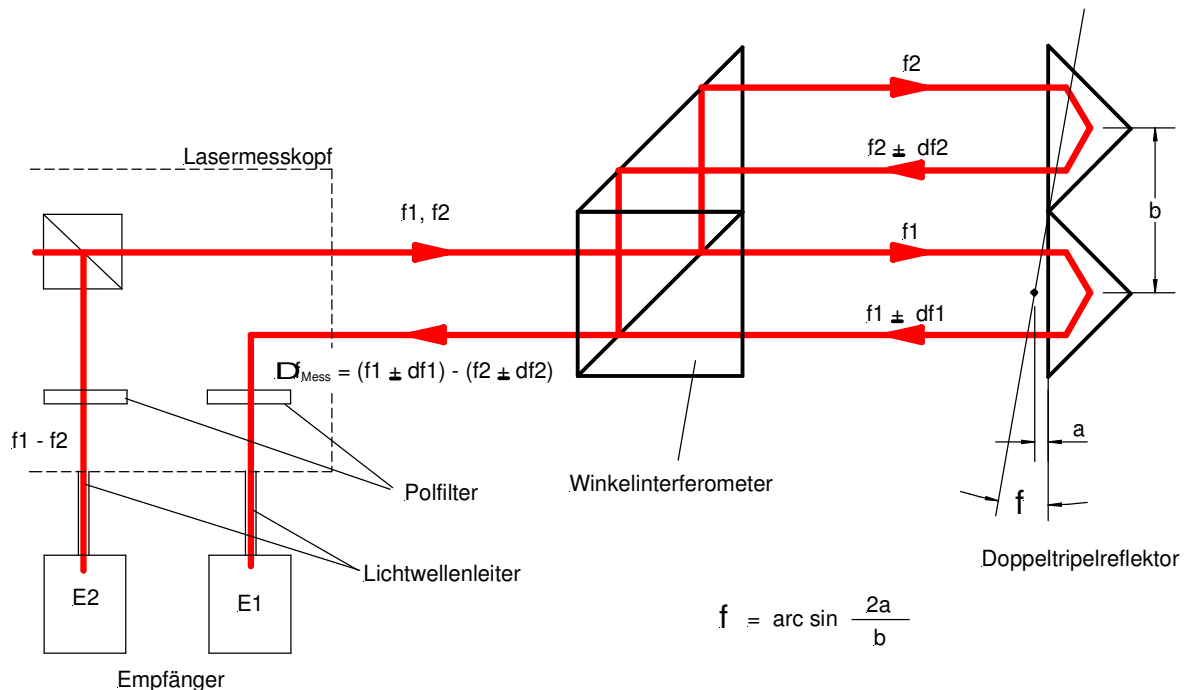
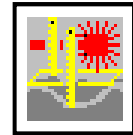


Abb. 2: Winkelinterferometer

### Ebenheitsmessung

Die Ebenheit einer Fläche wird bestimmt durch das Höhenprofil einzelner Linien. Die zu vermessende Fläche wird vor Beginn der Messung in ein Liniengitter eingeteilt (Abb. 3). Dabei sind über die Anordnungen der Linien zwei Verfahren gebräuchlich, das „Cross Jack -“ und das „Union Jack - Verfahren“ (Abb. 4). Beide Verfahren sind in ihrer Funktion und Handhabung in der Softwarebeschreibung näher erläutert und über die entsprechenden Schaltflächen der Bedienoberfläche frei wählbar.

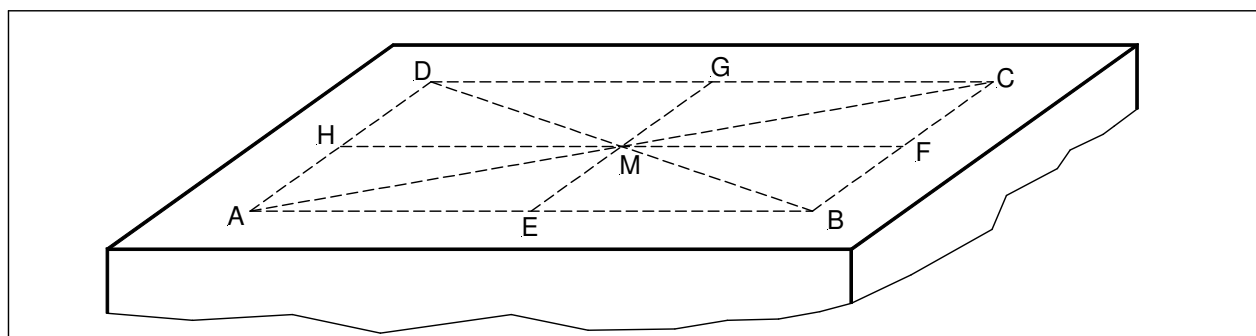


Abb. 3: Messgitter „Union Jack“

Die vorbestimmten Linien sind je nach der Anzahl der vorgesehenen Messpunkte in Intervalle einzuteilen. Diese Intervalle entsprechen den Auflagepunkten der Fußabstandsplatten.

Drei Größen sind möglich: **150 mm, 100 mm und 50 mm**

Der auf die Fußabstandsplatte montierte Doppeltripelreflektor wird entlang einer Gitterlinie vom ersten Messpunkt um den Fußabstand „s“ zum nächsten verschoben, dann zum fortlaufenden usw. .

**Dabei darf der Laserstrahl nicht unterbrochen werden, weil dadurch der Maßanschluss an den vorherigen Messpunkt verloren geht.**

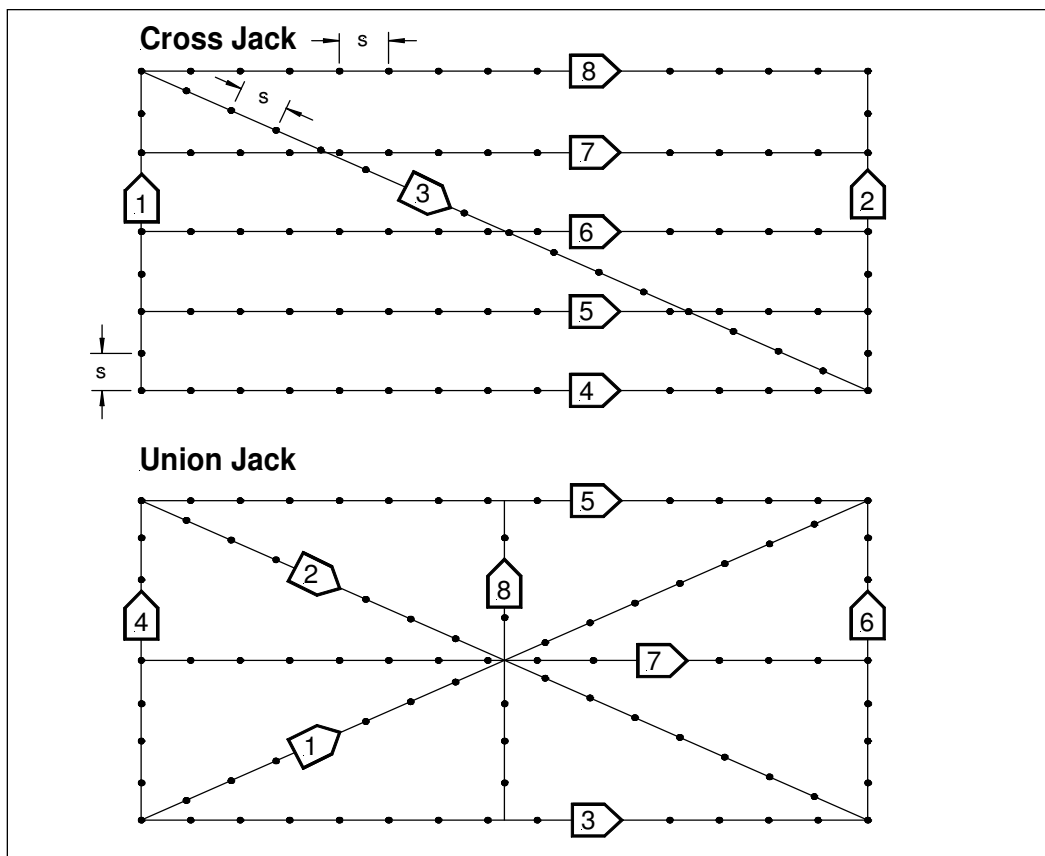
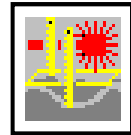


Abb. 4: Messgitterplan

Das Höhenprofil der einzelnen Gitterlinien (1 - 8) wird durch die Ermittlung der Höhenunterschiede zwischen den Messpunkten, aus der Winkelabweichung  $\Delta\phi$  und den zugehörigen Fußabständen „s“ zwischen den Messpunkten bestimmt.

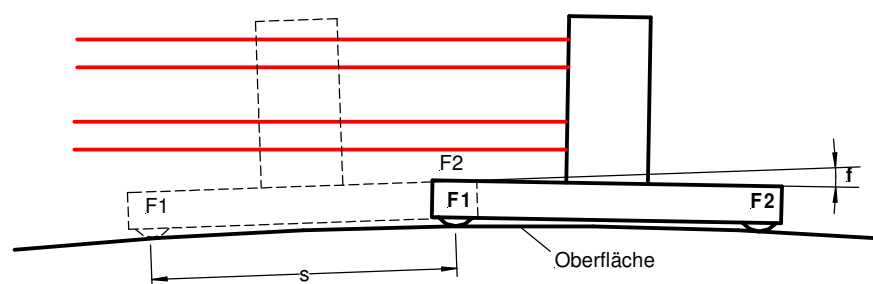
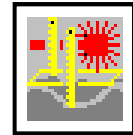


Abb. 5: Versetzen des Doppeltripelreflektors um den Fußabstand „s“

Aus dem bekannten Fußabstand s und dem Winkel  $\phi$  kann nun die Einzelabweichung

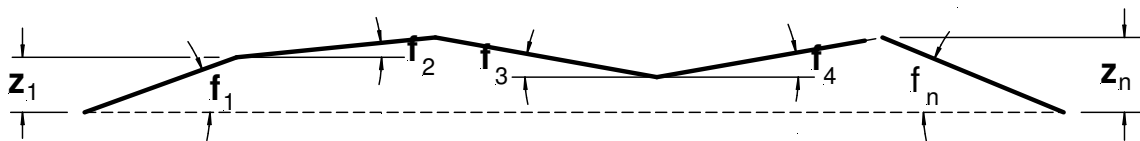
$$\Delta z = s \cdot \tan \phi$$

ermittelt werden. Über das fortschreitende Versetzen der Fußabstandsplatte (Fußpunkt 1 auf Ort des Fußpunktes 2) sind diese nun einander zuordenbar, Abb. 6.



## Interferometeranordnung Ebenheitsmessung

Abb. 6: Bestimmung des Höhenprofils einer Linie



Die aus der fortschreitenden Winkelmessung ermittelten Höhenprofile der einzelnen Linien werden zum Höhenprofil der Gesamtebene zusammengesetzt, indem die einzelnen Höhen in einem gemeinsamen Schnittpunkt (z.B. Punkt M in Abb. 7) gleichgesetzt werden und zu einer Bezugslinie korrigiert werden.

Abb. 7: Ebenheit der Gesamtfläche

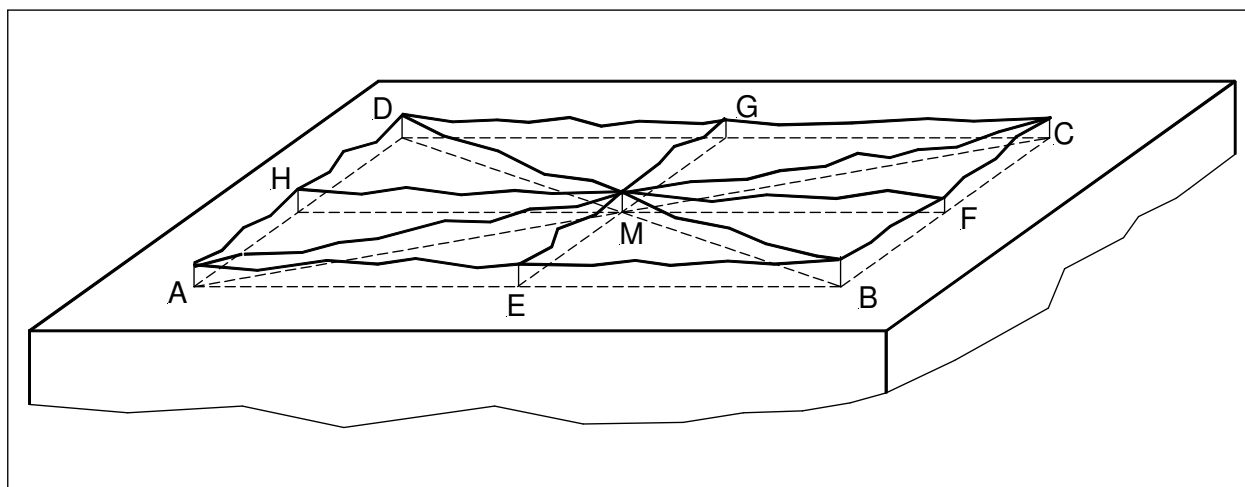
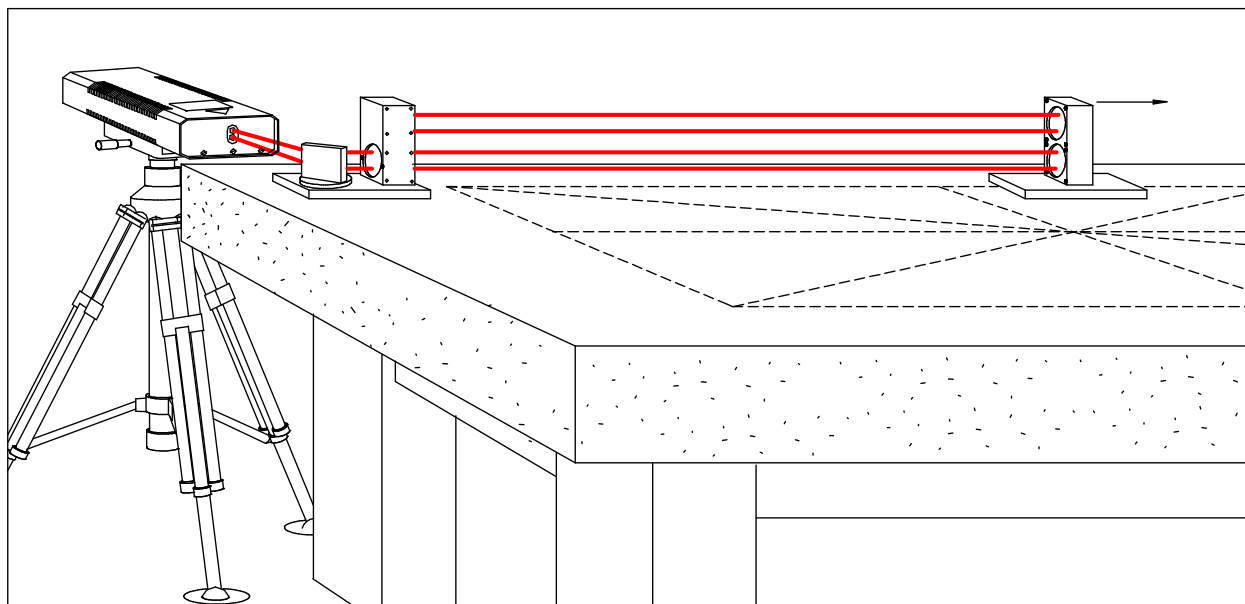
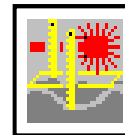


Abb. 8: Messaufbau an einer Tischplatte





## Interferometeranordnung Ebenheitsmessung

### Lieferumfang

Aus Abb. 9 sind die zum Lieferumfang des Ebenheitsinterferometers gehörenden optischen und mechanischen Baugruppen und Komponenten ersichtlich.

Abb. 10 zeigt die Montage der Baugruppen.

### Ebenheitsinterferometer

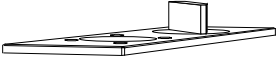
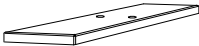


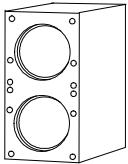
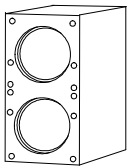
<b>Fußplatte mit Drehspiegel</b> 269302-4015.524		Anzahl: 2
<b>Fußabstandsplatte 150</b> 269302-4011.625		Anzahl: 1
<b>Fußabstandsplatte 100</b> 269302-4011.725		Anzahl: 1
<b>Fußabstandsplatte 50</b> 269302-4011.825		Anzahl: 1
<b>Winkelinterferometer 114</b> 269302-4015.324		Anzahl: 1
<b>Doppelreflektor 115</b> 269302-4015.424		Anzahl: 1

Abb. 9: Optische und mechanische Komponenten zur Ebenheitsmessung

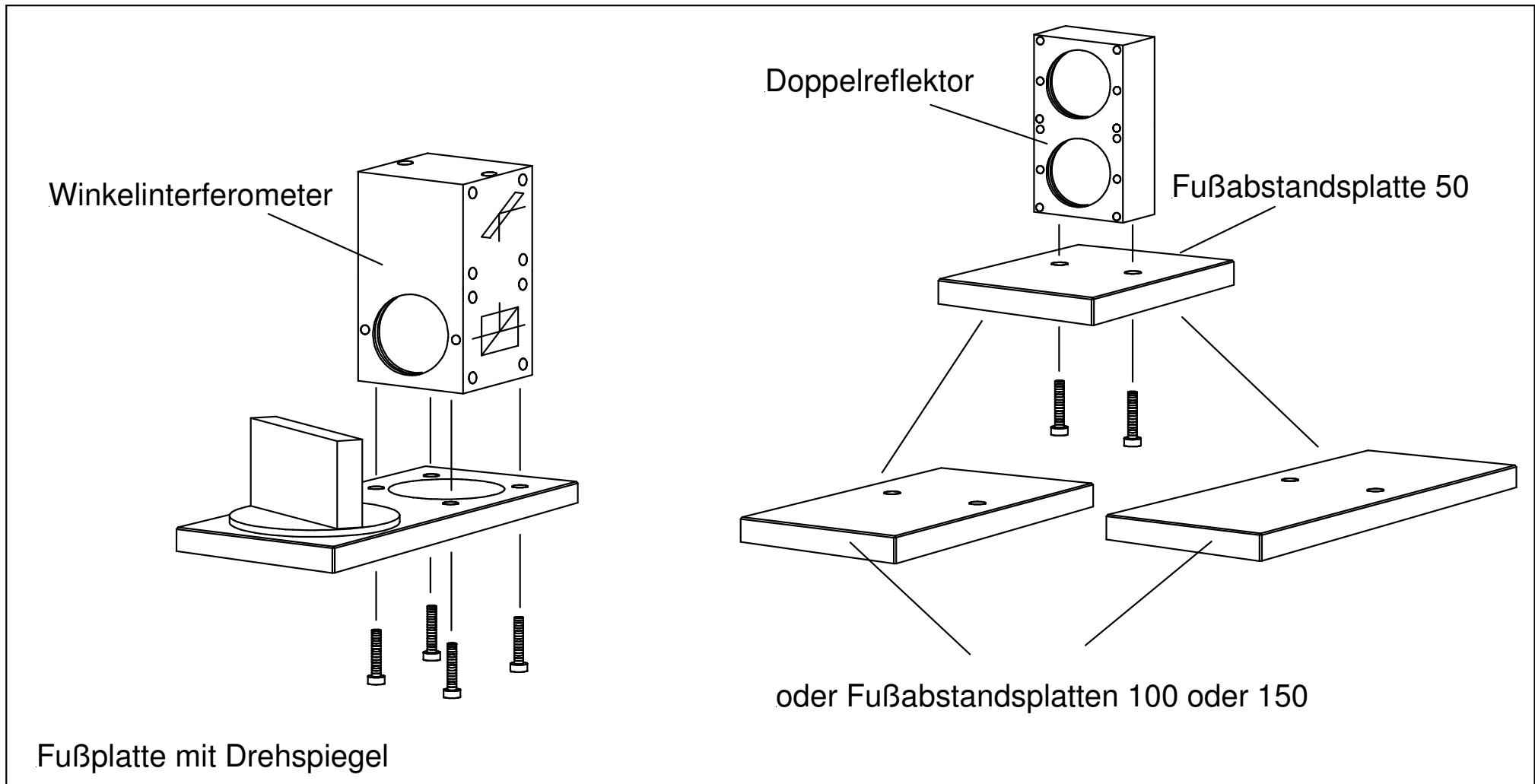
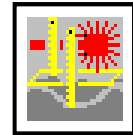


Abb. 10: Montage der Baugruppen Ebenheitsmessung



## Interferometeranordnung Ebenheitsmessung

### Messaufbau

Sind alle Komponenten montiert, kann der Messaufbau **Lasermesskopf - Winkelinterferometer - Doppeltripelreflektor** am Messobjekt realisiert werden.

Man geht in folgenden Schritten vor:

1. Ermittlung der Lage der Messebene zum Laserstrahl
2. Bestimmung eines ortsfesten Bezugspunktes zur Flucht der Bewegungsachse.  
Einjustierung auf Messlinie über Fußplatte mit Drehspiegel, Interferometer und Doppeltripelreflektor



### ACHTUNG

Die Optikkomponenten müssen über dem Austrittspunkt des Laserstrahles am Lasermesskopf, dem ortsfesten Punkt des Winkelinterferometers und dem Doppeltripelreflektor eine Parallele zur zu vermessenden Bewegungsachse bilden können, Abb. 11.

3. Befestigung der Optikkomponenten an den ermittelten Bezugspunkten.

Winkelinterferometer  
Doppeltripelreflektor (Messspiegel)

ortsfester Bezugspunkt (2)  
beweglicher Bezugspunkt (1)



### ACHTUNG

gleicher Abstand von Interferometer und Doppeltripelreflektor zur Messlinie, Abb. 11 ( $h_1 = h_2$ )

4. Grobe Einjustierung des Laserstrahles auf die optische Achse der montierten Optikbaugruppen



### Tipp:

- (1) Lasermesskopf so nah wie möglich am Interferometer positionieren
- (2) Doppeltripelreflektor am entferntesten Punkt vom Interferometer positionieren
- (3) Kontrolle ob Parallelverschiebung und Winkelkipfung des Justiertisches auf Mittelstellung stehen  $\Rightarrow$  wesentlich für ausreichende Justierwege bei Feinjustierung des Strahlenganges

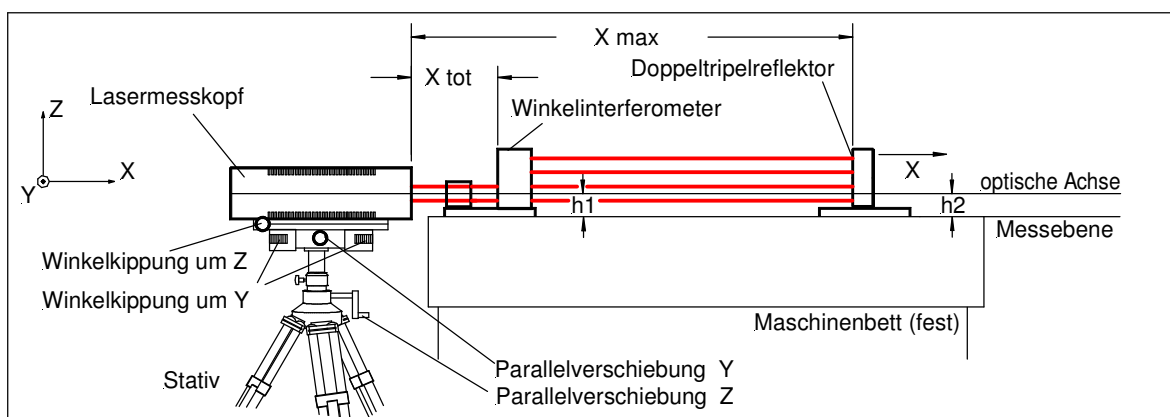
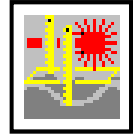


Abb. 11: Messaufbau, optischer Strahlengang



5. Feinjustierung des Strahlenganges

 **Tipp**

Entfernen des Interferometers aus dem Strahlengang, erleichtert die Justierung des optischen Strahlenganges auf Parallelität zur Messebene, da hierfür nur der Doppeltripelreflektor benötigt wird.  $\Rightarrow$  Nur ein Strahl kehrt zum Laser zurück, erleichtert die Beurteilung des Justierzustandes. Einjustierung auf unteren Tripelreflektor des Doppeltripelreflektors. Danach Interferometer wieder in den Strahlengang bringen und Feinjustierung beginnen.

Grundlegend wird unterschieden nach (Abb. 12) :

- Ortsjustierung (Parallelverschiebung in y und z)  
( $\Delta y, \Delta z$ )
- Richtungsjustierung (Winkelkipfung um y und z)  
( $\Delta\phi_y, \Delta\phi_z$ )

Der Aufbau des ZLM 700 ist so gestaltet, dass beide Justierungen sich durch die Stellelemente am Justiertisch / Stativ vornehmen lassen.  $\Rightarrow$  Dies bringt den Vorteil nur eines Justierortes mit sich  $\Rightarrow$  schnelle gleichzeitige Justierung in Ort und Richtung.

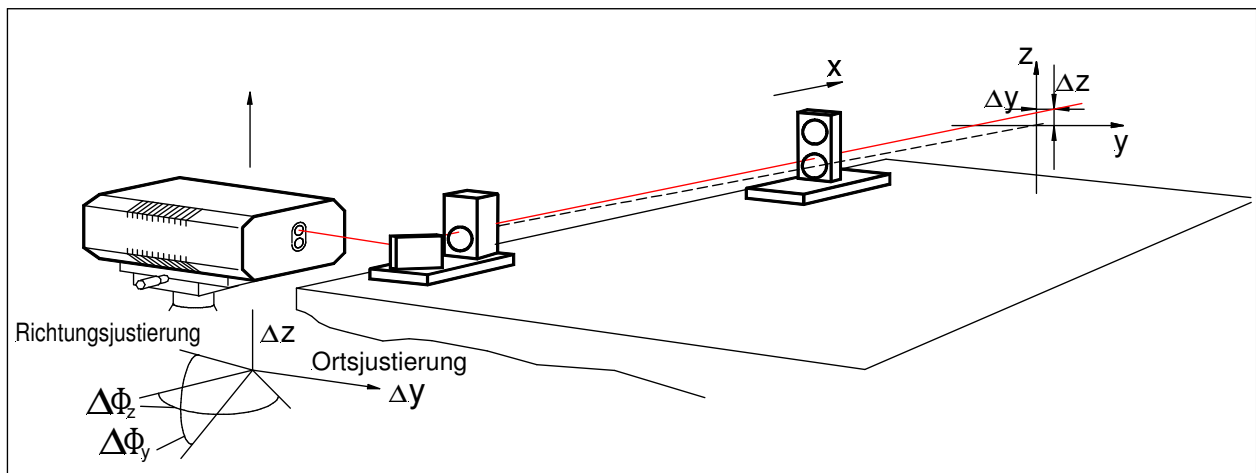


Abb. 12: Justierung des Strahlenganges

Wichtig für Orts- und Richtungsjustierung ist die Stellung (Ort) des Doppelreflektors zum Winkelinterferometer:

- |                                      |               |   |
|--------------------------------------|---------------|---|
| Ortsjustierung, Parallelverschiebung | $\Rightarrow$ | in dem Laser nächstgelegenen Tripelreflektorpunkt, Abb. 13      |
| Richtungsjustierung, Winkelkipfung   | $\Rightarrow$ | in dem Laser entferntest gelegenen Tripelreflektorpunkt Abb. 14 |



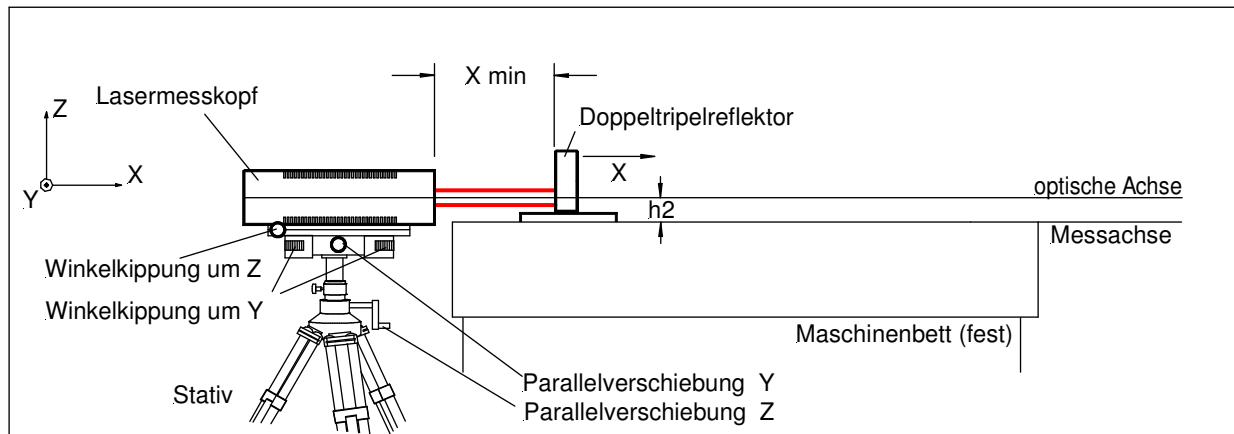
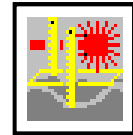


Abb. 13: Ortsjustierung des Strahlenganges

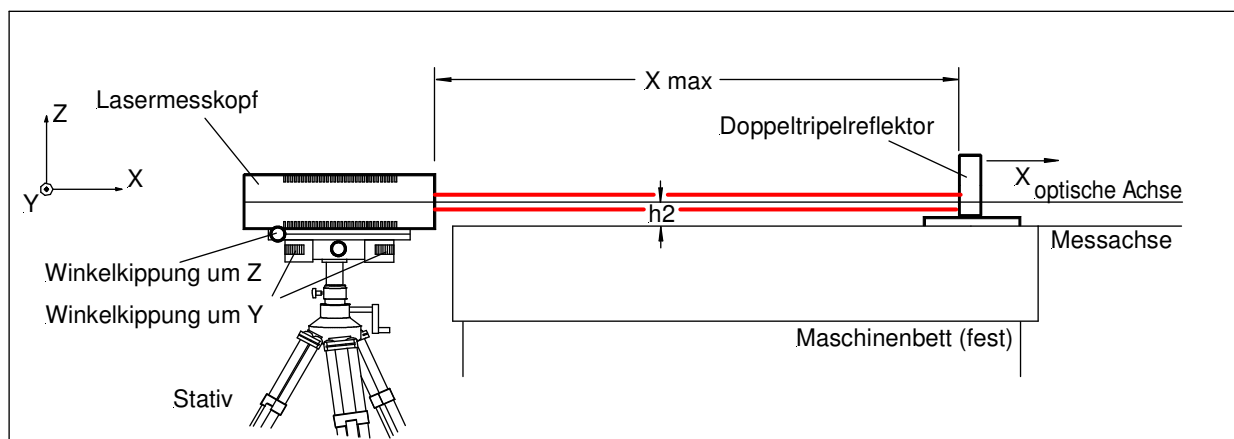



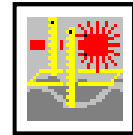
Abb. 14: Richtungsjustierung des Strahlenganges

## Justierablauf

Aus diesen Grundprinzipien der Justierung des optischen Strahlenganges ergibt sich der Justierungsablauf wie folgt:



- 1) Aufruf des Menüpunktes  in der Programmroutine „Messen“  
In diesem Menüpunkt werden beide in den Laser zurückreflektierte Strahlen (Referenz- und Messstrahl) in einer leistungsabhängigen Darstellung abgebildet (- jetzt bei richtiger Justierung nur Messstrahl sichtbar, da kein Interferometer kein Referenzstrahl-). Anhand dieser Bilder kann die Qualität der Justierung beider Strahlengänge überprüft und die Justierung durchgeführt werden.
- 2) Doppeltripelreflektor in den am entferntest gelegenen Punkt bewegen, positionieren, Abb.14  
Richtungsjustierung des Lasers in  
 $\Delta\Phi_y$  - über die seitliche Rändelschraube des Justiertisches  
 $\Delta\Phi_z$  - über die drei am Justiertisch befindlichen Rändelschrauben der Höhenverstellung  
Justierung bis reflektierter Strahl die Strahleintrittsöffnung am Lasermesskopf trifft.  
Feinjustierung nach Fadenkreuz der Bildschirmdarstellung.



## Interferometeranordnung Ebenheitsmessung

- 3) Doppeltripelreflektor in den dem Laser nächstgelegenen Punkt bewegen, positionieren, Abb. 13  
Ortsjustierung des Lasers in  
 $\Delta y$  - über Parallelverschiebung des Lasers über die Mikrometerschraube des Justiertisches  
 $\Delta z$  - über das Handrad der Höhenverstellung des Statives  
Justierung, bis reflektierter Strahl die Strahleintrittsöffnung am Lasermesskopf trifft.

Feinjustierung nach Fadenkreuz der Bildschirmdarstellung.

Aus Punkt 2 und 3 im Wechsel ergibt sich iterativ die Optimaleinstellung. Der verbleibende Ausrichtungsfehler (Kosinusfehler, Winkelfehler zwischen mechanischer und optischer Bewegungsachse) ist als laufender blauer Balken unterhalb der Fadenkreuzdarstellung ablesbar.

- 4) Nach erfolgter Justierung des Strahlenganges ist das Winkelinterferometer über folgende Schritte im Strahlengang zu justieren, Abb.12:
- Einsetzen des Winkelinterferometers auf der Messlinie der ersten Geradheitsmessung des Messgitters.
  - Einjustieren der mechanischen Bauhöhe ist nicht erforderlich (gleiche mechanische Bauhöhe zum Doppeltripelreflektor)
  - seitliche Feinjustierung des Strahlenganges über Verschieben des Interferometers und Kontrolle



über Bildschirmdarstellung der Justiergüte



### ACHTUNG

**Überdeckung: Gleiche Lage von Mess- und Referenzanzeige im Quadrantenfeld**  
(Wichtig für einwandfreie Interferenzsignalbildung)



### Hinweis:

*Die Einjustierung der optischen Komponenten auf eine andere Messlinie erfolgt über den Drehspiegel der Fußplatte mit Winkelinterferometer. Ist eine Einjustierung über diese Verfahrensweise nicht mehr möglich, so muss der Lasermesskopf umgesetzt und der Strahlengang, wie in diesem Kapitel beschrieben, neu zur Messebene justiert werden.*

Nach der Justierung des Interferometers ist der Aufbau vollständig. - Es kann mit der Messung, siehe „Handbuch Software“ begonnen werden.