

## A Tripelspiegelinterferometer

Das Tripelspiegelinterferometer dient der Weg-, Geschwindigkeits-, Beschleunigungsmessung. Es besteht aus den optischen Bauelementen, Abb. 1:

- |   |                 |
|---|-----------------|
| 1 Polarisationsstrahlenteiler 101         | 269302-4010.124 |
| 1 Tripelreflektor 102 (Vergleichsspiegel) | 269302-4010.224 |
| 1 Tripelreflektor 102 (Messspiegel)       | 269302-4010.224 |

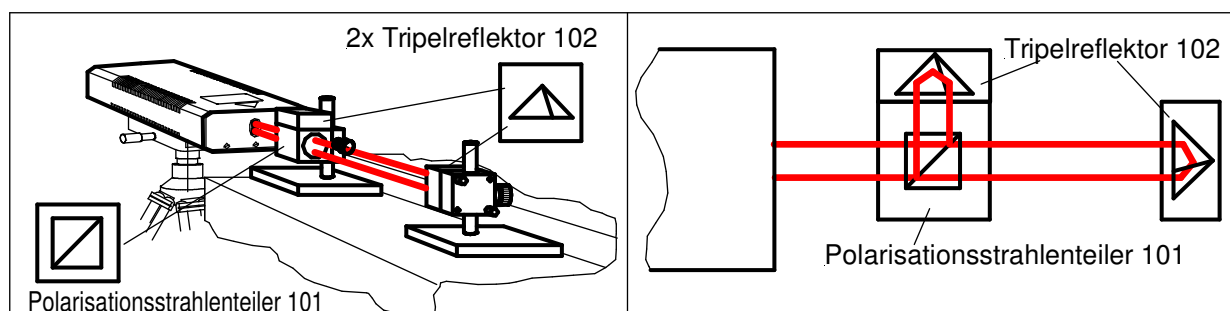


Abb. 1: Optischer Aufbau Tripelspiegelinterferometer

### Funktionsbeschreibung

Die aus dem Lasermesskopf austretende Lichtmenge gelangt als Messstrahl über eine Interferometeranordnung auf einen Mess- und einen Referenzspiegel. Infolge einer polarisationsoptischen Aufspaltung des Messstrahles erreicht dabei nur Licht der Frequenz  $f_1$  den Mess- und nur Licht der Frequenz  $f_2$  den Referenzspiegel. Durch die Reflexion am Tripelreflektor parallel versetzt, laufen beide Strahlen wieder orthogonal polarisiert ineinander in den Lasermesskopf zurück. Aufgrund eines  $45^\circ$  zu den orthogonalen Schwingungsebenen gedrehten Polfilters werden die in gleicher Ebene schwingenden Komponenten von  $f_1$  und  $f_2$  zur Interferenz gebracht.

Der Empfänger E1 detektiert das Interferenzsignal. Wird der Messspiegel nicht bewegt, detektiert Empfänger E1 die Differenzfrequenz des Lasers  $f_1 - f_2 = 640\text{MHz}$ , die gleich dem im Lasermesskopf detektierten elektronischen Referenzsignal (E2) ist. Wird der Messspiegel verschoben, erfährt der an ihm reflektierte Teilstrahl der Frequenz  $f_1$  eine Dopplerverschiebung  $\pm df_1$ . Entsprechend detektiert der Empfänger E1 eine Messfrequenz  $+df_1$  oder  $-df_1$  je nach Bewegungsrichtung des Messspiegels.

Beide detektierten Signale (E1 und E2) werden im Hochfrequenzteil des Laserwegmesssystems miteinander verglichen. Als Ergebnis erhält man die durch den Dopplereffekt erzeugte Frequenzverschiebung  $\pm df$ , die ein Maß für die gesuchte Messspiegelverschiebung ist und dem doppelten Weg der Verschiebung des Messspiegels entspricht.

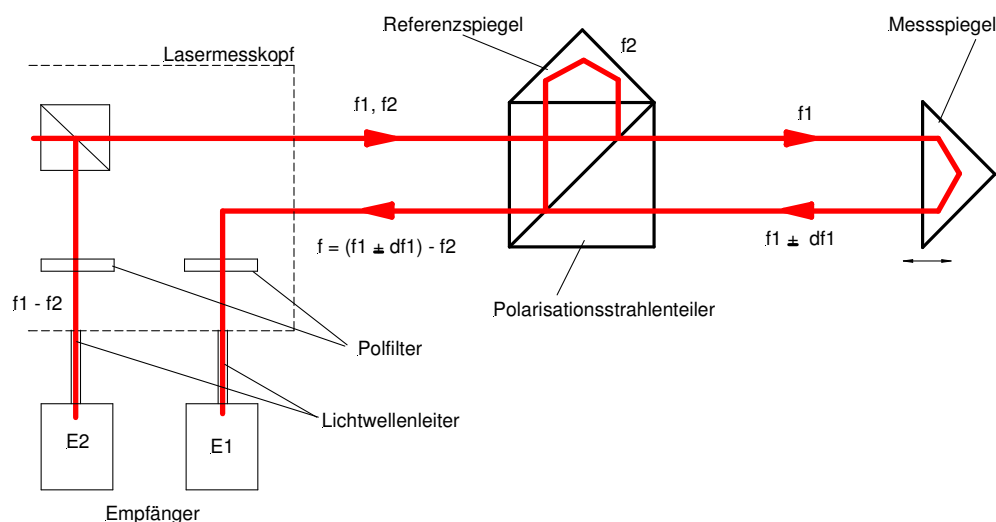
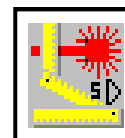


Abb. 2: Funktionsprinzip Tripelspiegelinterferometer



## Interferometeranordnungen - Tripel Spiegelinterferometer

### Montage

Aus Abb. 3 sind die zum Lieferumfang eines Tripel Spiegelinterferometers mit 2,5 nm Auflösung gehörenden optischen und mechanischen Baugruppen und Komponenten ersichtlich.

Abb. 1 gibt einen funktionellen Gesamtaufbau ohne Stativ und Justiertisch und Abb. 4 die Montage der Komponenten wieder.

Abb. 5 zeigt einen praktischen Anwendungsfall an einer Werkzeugmaschine. Resultierend aus dem modularen Aufbau des Systems sind jedoch auch andere Messaufbauten realisierbar.

Kofferinhalt und Position der Komponenten sind aus Abb.7, Abschnitt „Bereitstellung der Komponenten“ ersichtlich.

### Tripel Spiegelinterferometer (Wegmessung 2,5 nm Auflösung)

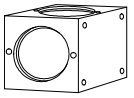
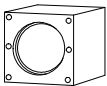
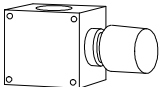


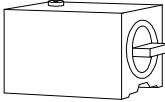


<b>Polarisationsteiler 101</b> 269302-4010.124		Anzahl: 1
<b>Tripelreflektor 102</b> 269302-4010.224		Anzahl: 2
<b>Klemmhalter 507</b> 269302-4010.325		Anzahl: 2
<b>Blende 516</b> 269302-4014.210		Anzahl: 2
<b>Basisplatte 504</b> 269302-4014.410		Anzahl: 2
<b>Magnetreiber</b> 260298-3000.128		Anzahl: 2
<b>Säulenstift 140</b> 260297-9900.128		Anzahl: 2
<b>Schraubensatz</b> 269302-4005.624		Anzahl: 1

Abb. 3: Optische und mechanische Komponenten - Tripel Spiegelinterferometer

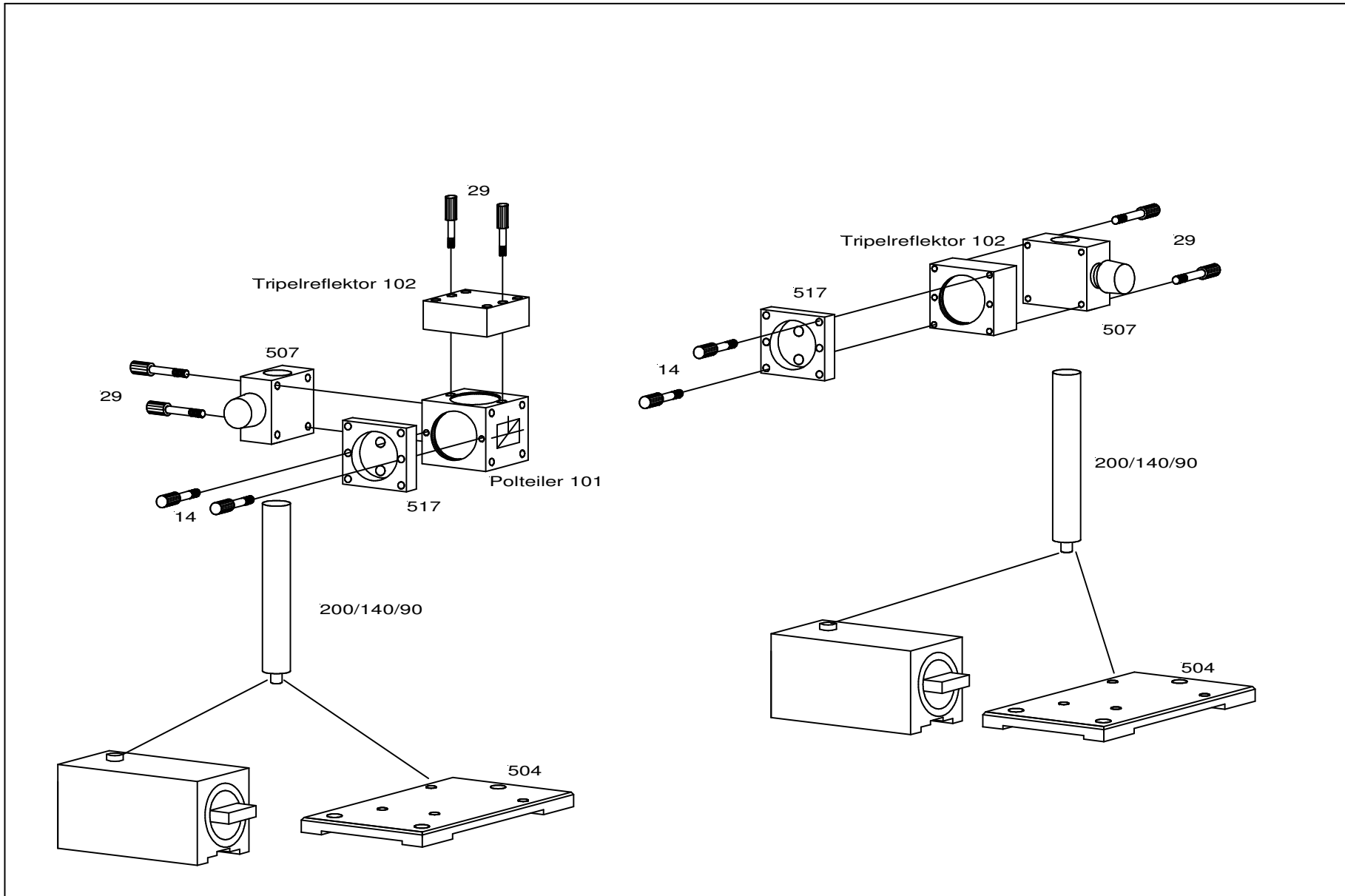


Abb. 4: Montage des optischen Aufbaus

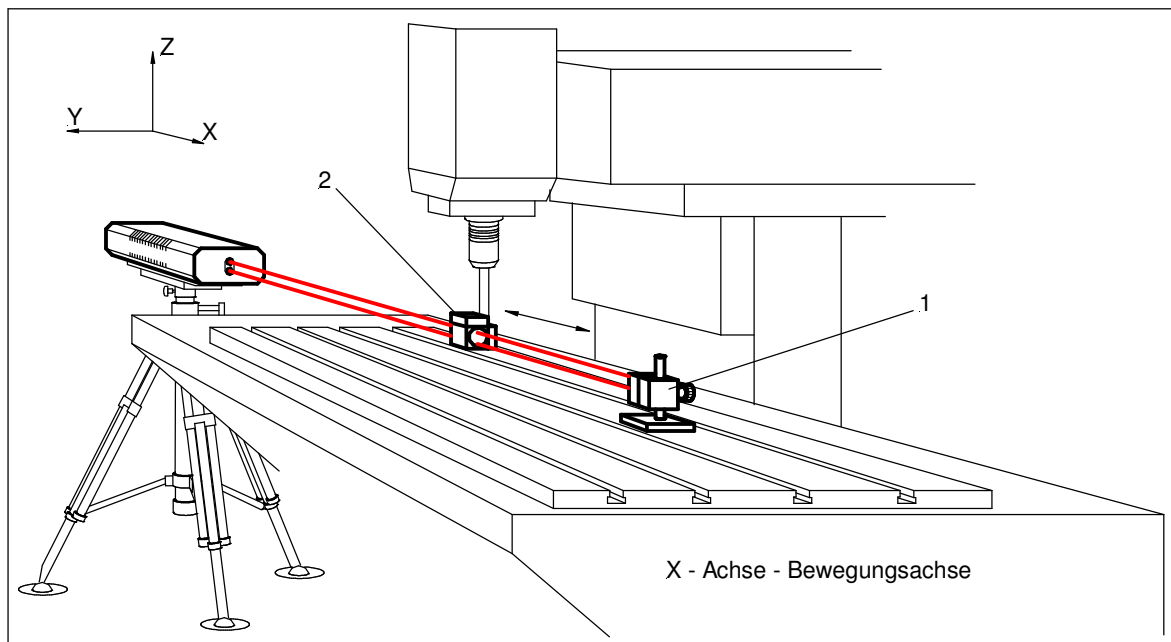
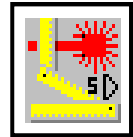


Abb. 5: Messaufbau an einer Werkzeugmaschine

## Messaufbau

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

Man geht in folgenden Schritten vor:

1. Ermittlung der zu vermessenden Bewegungsachse und eines für die Befestigung der Optik geeigneten Punktes am beweglichen Teil des Messobjektes (1)
2. Bestimmung eines ortsfesten Bezugspunktes zur Flucht der Bewegungsachse (2)



### ACHTUNG

Die Optikkomponenten müssen über den Befestigungspunkt an der Bewegungsachse, dem ortsfesten Bezugspunkt (Befestigungspunkt Interferometer) und dem Austrittspunkt des Laserstrahles am Lasermesskopf eine Parallele zur zu vermessenden Bewegungsachse bilden können, Abb. 6.

3. Befestigung der Optikkomponenten an den ermittelten Bezugspunkten.

Interferometer  
Tripelspiegel (Messspiegel)

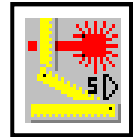
ortsfester Bezugspunkt (2)  
beweglicher Bezugspunkt (1)



### ACHTUNG

gleicher Abstand von Interferometer und Tripelspiegel zur Messlinie, Abb. 6 ( $h_1 = h_2$ )

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



**Tipp:**

- (1) Lasermesskopf so nah wie möglich am Interferometer positionieren
- (2) Tripelreflektor 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

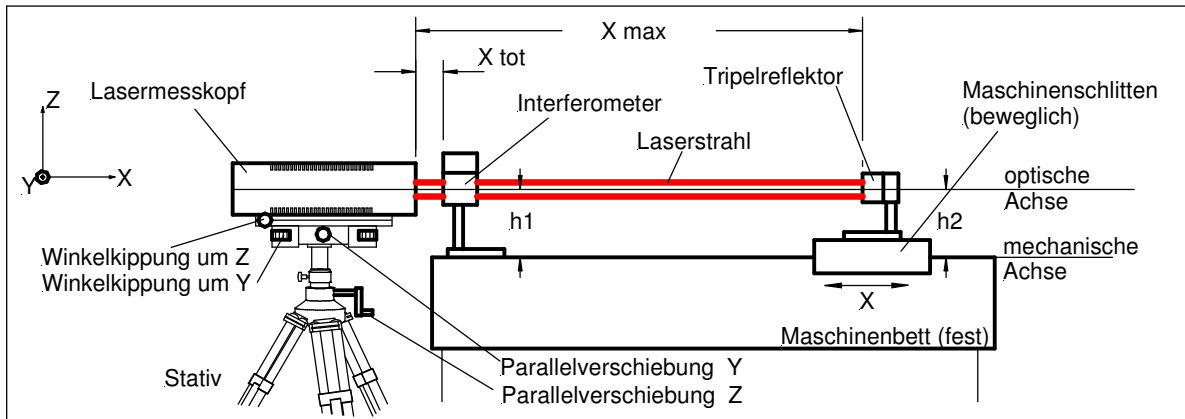


Abb. 6: Messaufbau, optischer Strahlengang

5. Feinjustierung des Strahlenganges

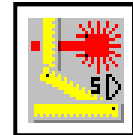
**Tipp**

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

Grundlegend wird unterschieden nach (Abb. 7) :

- 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 durch die Stellelemente am Justiertisch / Stativ realisierbar sind (Vorteil: nur ein Justierort)



# Interferometeranordnungen - Tripelspiegelinterferometer

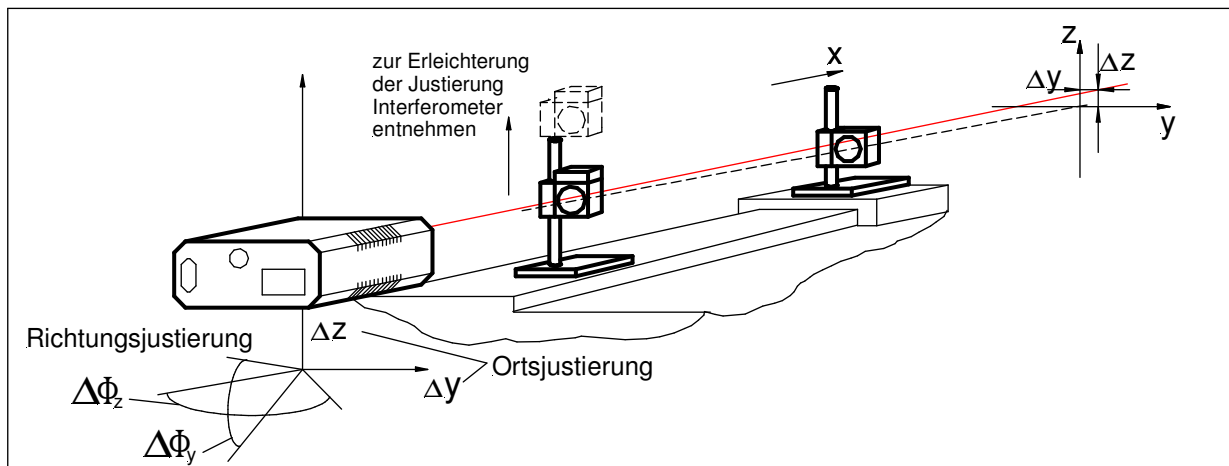


Abb. 7: Vorjustierung des Strahlenganges

Wichtig für Orts- und Richtungsjustierung ist die Stellung (Ort) des Tripelspiegels zum Interferometer, Abb. 8 :

Ortsjustierung, Parallelverschiebung ⇒ in dem Laser nächstgelegenen Tripelspiegelpunkt

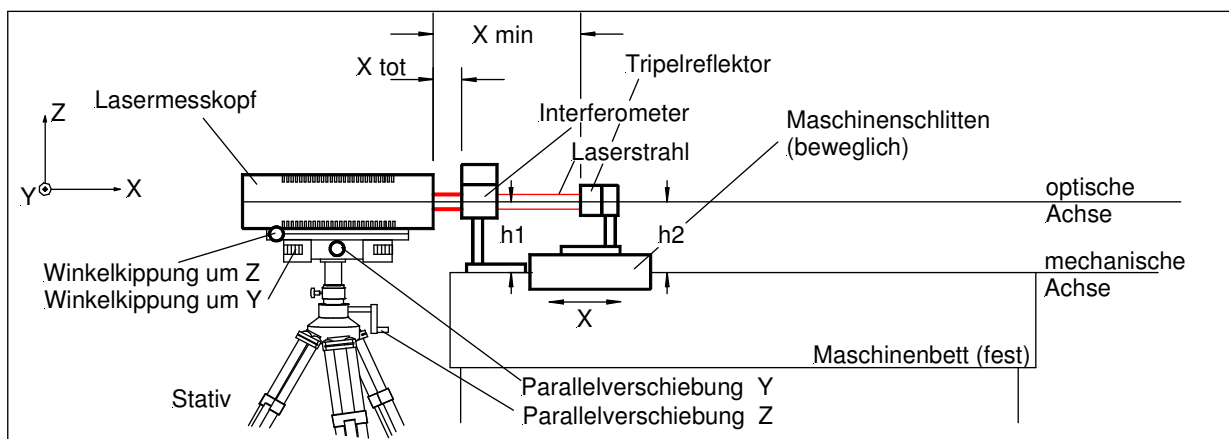


Abb. 8: Ortsjustierung des Strahlenganges

Richtungsjustierung, Winkelkipfung ⇒ in dem Laser am entferntest gelegenen Tripelspiegelpunkt

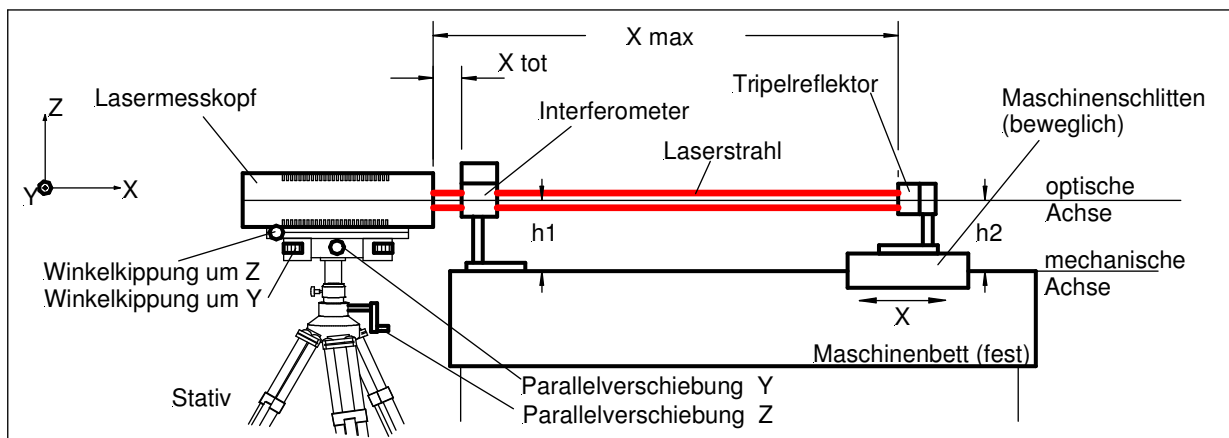
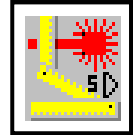



Abb. 9: Richtungsjustierung des Strahlenganges



### 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) Tripel in den am entferntest gelegenen Punkt bewegen, positionieren, Abb.9  
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.
- 3) Tripelreflektor in den dem Laser nächstgelegenen Punkt bewegen, positionieren, Abb. 8  
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 ist als laufender blauer Balken unterhalb der Fadenkreuzdarstellung ablesbar.



#### **Hinweis:**

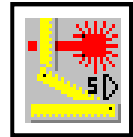
Die Einjustierung des Interferometers beeinflusst nicht den justierten Strahlengang des Tripelreflektors.



#### **ACHTUNG**

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

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



## Erweiterung des Messaufbaus zur Diagonalmessung

Der im vorherigen Abschnitt beschriebene Messaufbau eignet sich zur orthogonalen Achsvermessung an Werkzeugmaschinen, Koordinatenmessmaschinen, Industrierobotern und dergleichen. Das heißt, die Messungen der Koordinatenachsen (X -, Y - und Z - Achse) erfolgt jeweils getrennt und unabhängig voneinander.

Um raumschräge Bahnbewegungen, die sich aus gleichzeitiger X -, Y - und Z - Achs - Verschiebungen zusammensetzen, vorteilhaft messen zu können, ist der Erweiterungssatz „**Diagonalmessung**“ vorgesehen.

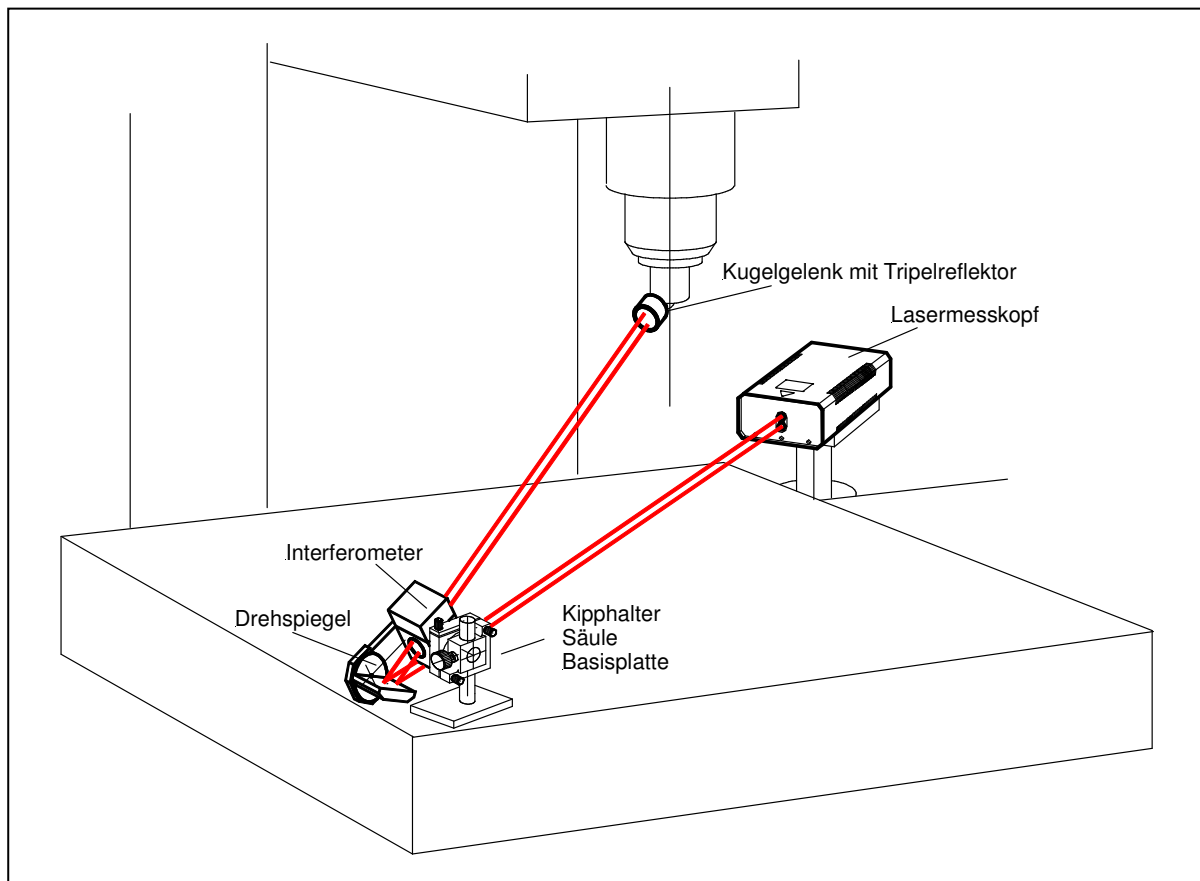
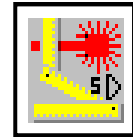


Abb. 10: Diagonalmessung an einer Maschine

Durch den drehbaren Kipphalter 531 lässt sich das Interferometer in die raumschräge Achsrichtung bringen. Der Tripelreflektor wird durch ein Kugelgelenk in die Richtung geschwenkt. Das Kugelgelenk mit Tripelreflektor 304 kann mittels des Ø 15 Zapfens problemlos in der Pinole gespannt werden. Zusätzlich wird am Interferometer ein drehbarer Spiegel angebracht, Drehschwenkhalter 327.

Diese Ergänzung macht es möglich, raumschräge Achsrichtungen unter Beibehaltung der waagerechten Lage des Lasers zu vermessen.





## Interferometeranordnungen - Tripelspiegelinterferometer

In Abb. 11 zeigt die für die Erweiterung zur Diagonalmessung erforderlichen optischen und mechanischen Komponenten:

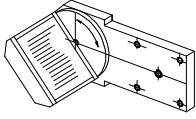
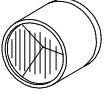
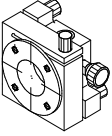
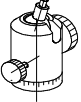
<b>Drehspiegel 327</b> 269302-4013.724		Anzahl: 1
<b>Tripelreflektor 304</b> 269302-4059.124		Anzahl: 1
<b>Kipphalter 531</b> 269302-40.725		Anzahl: 1
<b>Kugelgelenk</b> 260297-9900.628		Anzahl: 1

Abb. 11: Komponenten für die Erweiterung zur Diagonalmessung

In Abb. 12 wird die Montage der optischen Komponenten, der mechanischen Befestigungs- und Stellelemente veranschaulicht.

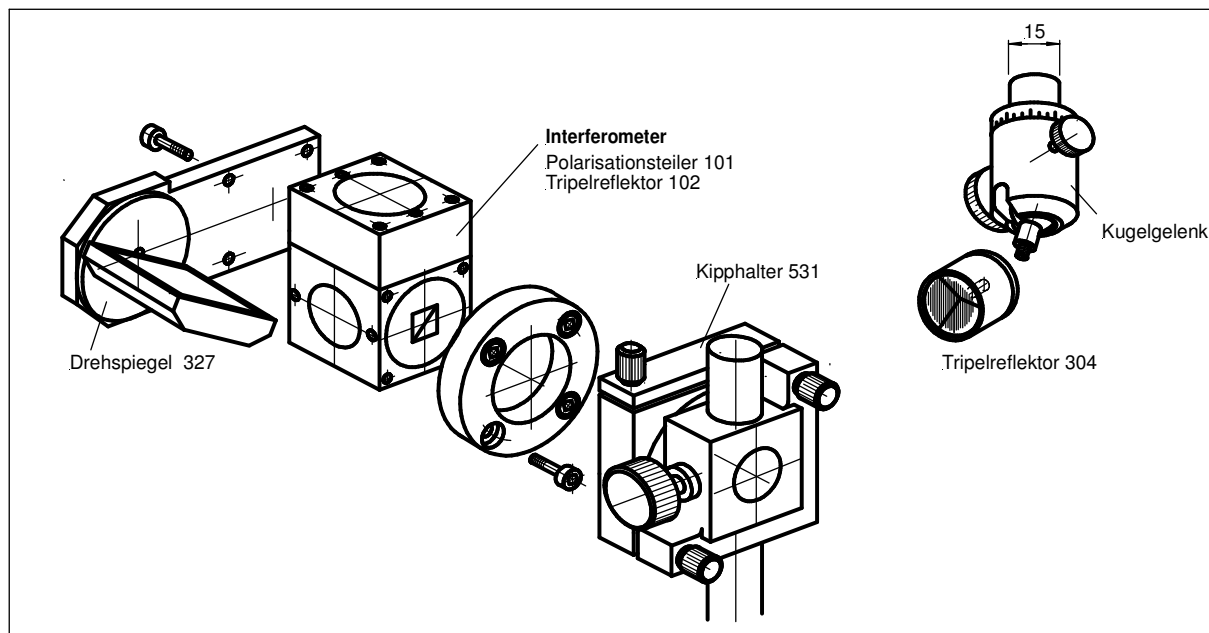
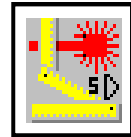


Abb. 12: Optischer Aufbau für Diagonalmessung



### Hinweise zur Justierung

Die im vorherigen Abschnitt erläuterte Justierung des Messstrahlenganges zur Achsrichtung trifft auch auf die raumschräge Messung zu, jedoch mit der Ergänzung, dass zwischen Interferometer und Lasermesskopf noch ein Umlenkspiegel angebracht ist.

Die richtige Einstellung des Drehspiegels 327 ist in der Abb. 13 ersichtlich. Der Drehspiegel wird immer um den halben Betrag des Winkels zwischen der waagerechten Strahlrichtung (vom Lasermesskopf) zur raumschrägen Messrichtung geschwenkt.

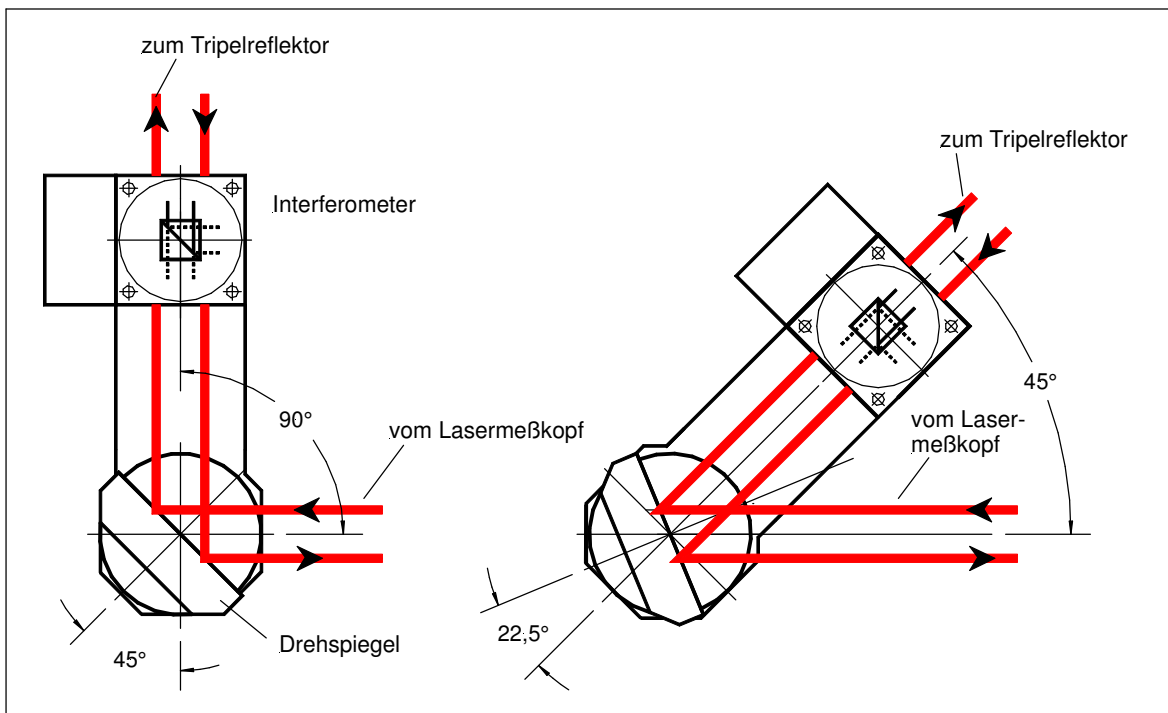


Abb. 13: Einstellung des Drehspiegels am Beispiel von 90° und 45° Winkel zwischen Messachse und einfallendem Laserstrahl

Mit dem Erweiterungssatz „**Diagonalmessung**“ lassen sich raumschräge Achsen im Winkelbereich zwischen 22,5° und 135° messen (siehe Abb. 14).

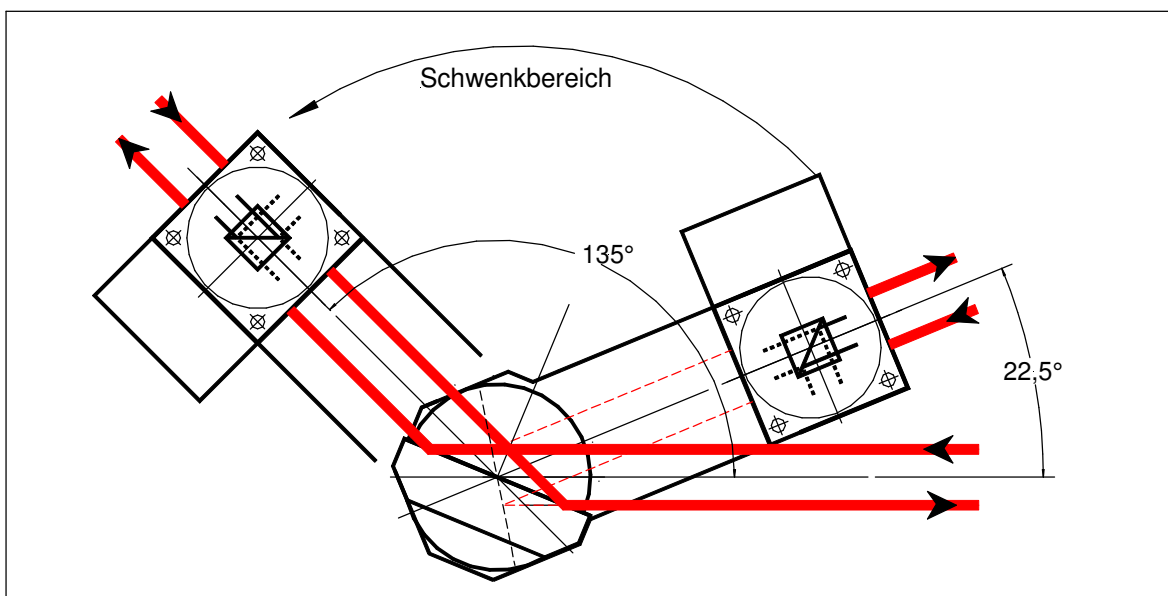


Abb. 14: Schwenkbereich des Drehspiegels für Diagonalmessung