

Interferometeranordnung Geradheitsmessung

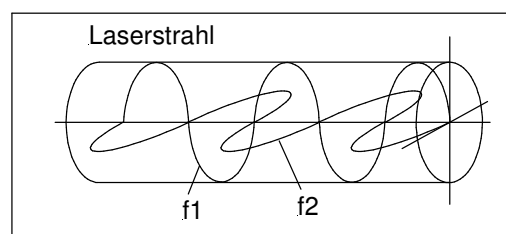
E Interferometer zur Geradheitsmessung

Im Gegensatz zur Ebenheitsmessung, bei der die Geradheitsabweichungen indirekt über die fortschreitende Winkelmessung ermittelt werden, lassen sich diese auch interferometrisch direkt messen. Als Geradheitsnormal dienen Spiegelflächen, die in ihrer Ebenheit sehr genau gearbeitet sind. Jede Unebenheit des Spiegels ruft einen systematischen Fehler hervor. Die Geradheitsabweichungen der Abläufe von Führungsbahnen an Werkzeugmaschinen, Koordinatenmessmaschinen oder anderen Maschinen und Vorrichtungen lassen sich mit dem Laser-Weg-Messsystem besonders günstig ermitteln. Das Geradheitsinterferometer dient dabei der Strahlenteilung, Doppelkeil und Winkelreflektor bilden das Geradheitsnormal (Abb. 2).

Funktionsbeschreibung

Die aus dem Lasermesskopf austretende Lichtmenge gelangt als Messstrahl in ein Geradheitsinterferometer. Beide Schwingungsebenen der ausgestrahlten Frequenzen, f_1 und f_2 stehen senkrecht aufeinander.

Abb1:
Die Schwingungsebene von f_1 liegt senkrecht und die von f_2 waagrecht im Laserstrahl.

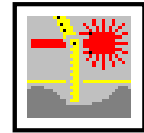


Im Geradheitsinterferometer (Abb. 2) erfolgt auf Grund der unterschiedlichen Schwingungsebenen eine Trennung der beiden Frequenzen an der polarisationsteilenden Schicht des Interferometers. Die Frequenz f_1 erfährt eine Umlenkung um 90° , da deren Schwingungsebene parallel in Lage und Richtung zur Polarisationssteilerschicht liegt und wird danach erneut um 90° umgelenkt. f_1 und f_2 passieren die Viertelwellenplatte parallel. Beide Wellenlängen sind beim Durchlaufen der Viertelwellenplatte zirkular polarisiert worden. Beide Frequenzen werden nach Erreichen des Doppelkeils in einem definierten Winkel im Doppelkeil gebrochen, senkrecht auf die Flächen des Winkelreflektors geworfen und von diesen wieder senkrecht in sich zurück über den Doppelkeil zum Interferometer gelenkt. Beim Durchlaufen der Viertelwellenplatte werden beide Frequenzen wieder linear polarisiert, entsprechend ihrer Schwingungsrichtung an den optischen Schichten reflektiert und in dem Tripelreflektor in die untere Ebene des optischen Strahlenganges (Ebene II) reflektiert. Beide Frequenzen durchlaufen erneut, analog Ebene I, den optischen Weg Interferometer, Doppelkeil, Winkelreflektor und zurück und werden beim erneuten Passieren der Viertelwellenplatte in ihren Schwingungsebenen gedreht. Die Frequenz f_1 schwingt wieder senkrecht und f_2 wieder waagrecht zur Einfallsrichtung des Strahles. Somit wird f_2 an der Polteilerschicht nicht reflektiert und passiert diese zum Lasermesskopf. Die Frequenz f_1 wird an der Polteilerschicht um 90° reflektiert und gelangt zum Lasermesskopf.

Wird der Doppelkeil nicht bewegt, detektiert Empfänger E1 die Differenzfrequenz des Lasers ($f_1 - f_2 = 640 \text{ MHz}$), die gleich dem im Lasermesskopf detektierten elektronischem Referenzsignal (E2) ist. Wird der Doppelkeil quer verschoben, erfahren die ihn passierenden zwei Frequenzen eine optische Weglängenänderung und damit eine Verkürzung beziehungsweise eine Verlängerung der entsprechenden Messstrecke Δz . Die Frequenzänderungen (df_1 , df_2) sind proportional der Querverschiebung des Doppelkeiles (Eine Längsverschiebung des Doppelkeiles bringt keine optische Weglängendifferenz.). Empfänger E1 detektiert auf Grund des zweimaligen Durchlaufens des optischen Weges die Frequenzänderungen

$$\Delta f = (f_1 + 4df_1) - (f_2 - 4df_2) \quad \text{oder} \quad \Delta f = (f_1 - 4df_1) - (f_2 + 4df_2)$$

je nach Bewegungsrichtung des Spiegels. Beide detektierten Signale (E1 und E2) werden nun im Hochfrequenzteil des Laserwegmesssystems miteinander verglichen. Als Ergebnis erhält man die durch den Dopplereffekt erzeugte Frequenzverschiebung, die ein Maß für die gesuchte Querverschiebung des Doppelkeiles ist.



Interferometeranordnung Geradheitsmessung

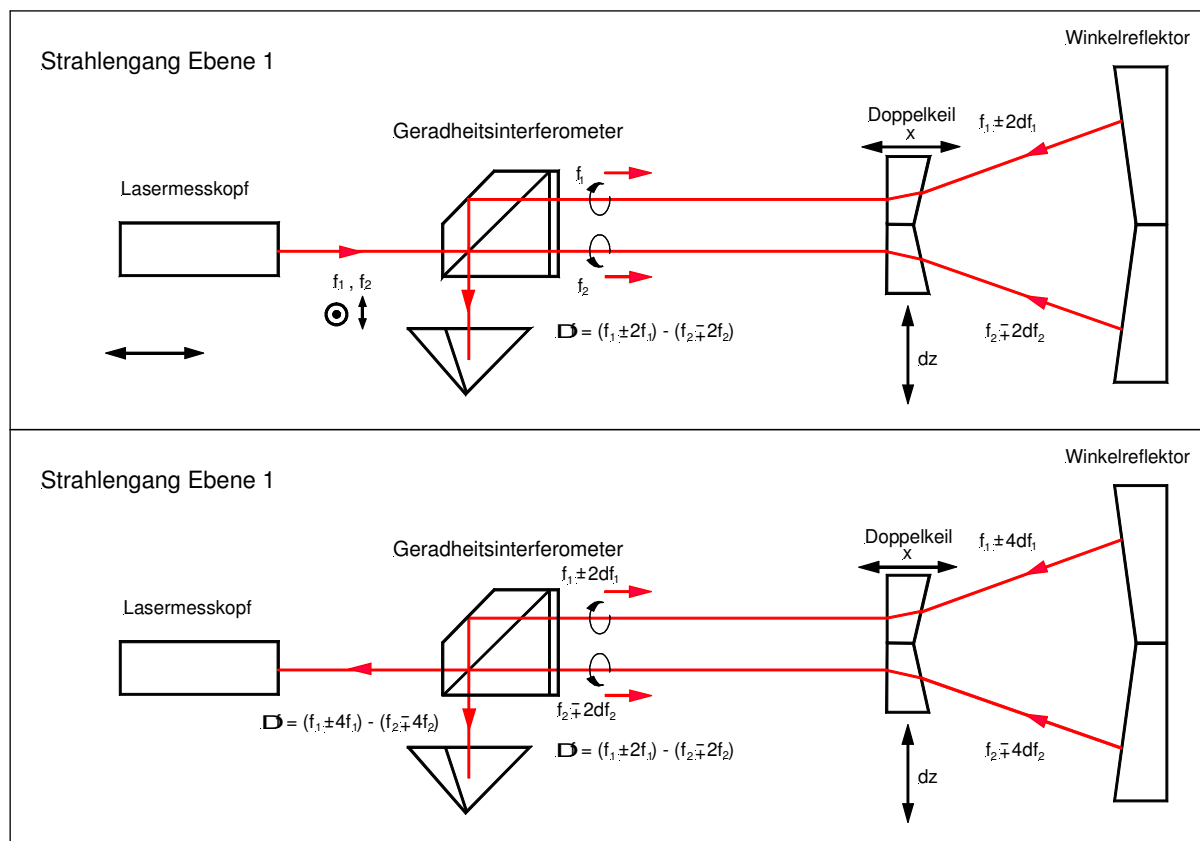


Abb. 2: Strahlengang in den verschiedenen Ebenen des Geradheitsinterferometers

Es muss unterschieden werden zwischen

1. horizontaler Geradheitsabweichung
2. vertikalen Geradheitsabweichung.

Bei vertikaler Geradheitsmessung muss zusätzlich der Wendevorsatz 120 verwendet werden, damit der vom Interferometer zurückkommende Strahl in den Lasermesskopf eintreten kann. (Abb. 4b) Im Wendevorsatz erfolgt durch Winkelspiegel eine Strahlumlenkung über die Diagonale und damit eine Versetzung um 90° .

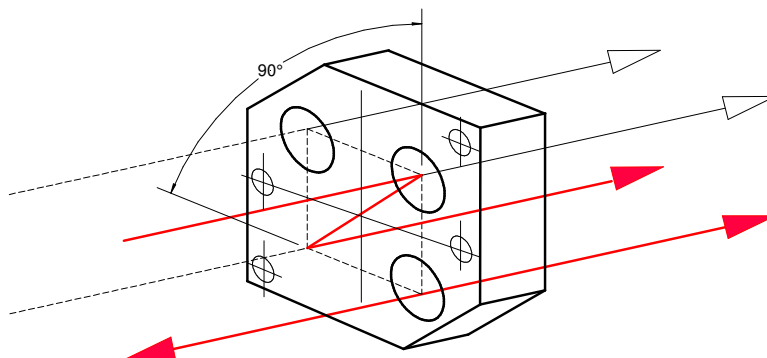
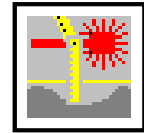


Abb. 3: Funktion des Wendevorsatzes 120



Interferometeranordnung Geradheitsmessung

Beim ZLM 700 gibt es 2 Optionen für die Geradheitsmessung:

1. Geradheitsmessung bis **2m Länge** mit einer Auflösung von 29 nm
2. Geradheitsmessung bis **10m Länge** mit einer Auflösung von 145 nm

Die Optikmodule der Geradheitsmessung sind:

1 Geradheitsinterferometer 128	269302-4012.824
1 Wendevorsatz 120	269302-4008.424
1 Doppelkeil 2m 108	269302-4010.824
oder 10m 112	269302-4011.224
1 Winkelreflektor 2m 109	269302-4010.924
oder 10m 113	269302-4011.324

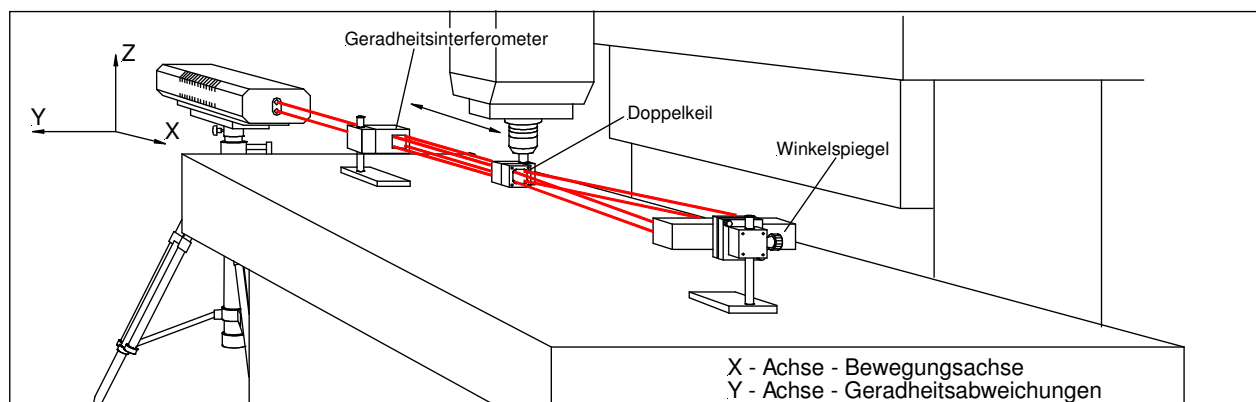


Abb. 4a: Geradheitsmessung horizontaler Aufbau

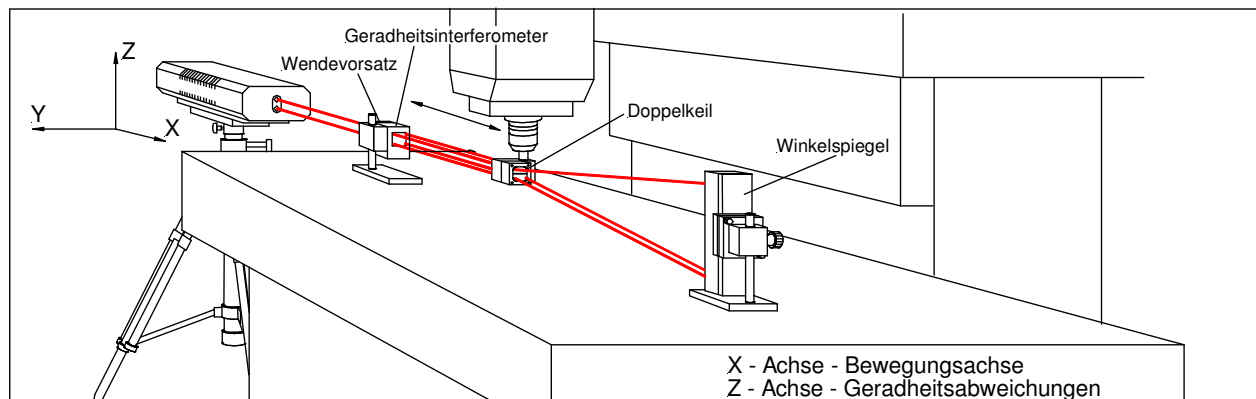
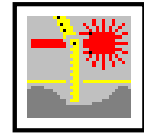


Abb. 4b: Geradheitsabweichung vertikaler Aufbau



Interferometeranordnung Geradheitsmessung

Lieferumfang

Aus Abb. 5 sind die zum Lieferumfang gehörenden optischen und mechanischen Baugruppen und Komponenten ersichtlich. Abbildung 6 und 7 geben die Montage der Komponenten wieder.

Geradheitsinterferometer (horizontaler / vertikaler Aufbau)

Geradheitsinterferometer 128 269302-4012.824		Anzahl: 1
Doppelkeil 2m / 10m 269302-4010.824 2m 108 269302-4011.224 10m 112		Anzahl: 1
Winkelreflektor 2m / 10m 269302-4010.924 2m 109 269302-4011.324 10m 113		Anzahl: 1
Wendevorsatz 120 269302-4008.424		Anzahl: 1
Kipphalter 524 269302-4010.925		Anzahl: 1
Blende 519 269302-4014.310		Anzahl: 1
Klemmhalter 508 269302-4010.125		Anzahl: 2
Klemmhalter 507 269302-4010.325		Anzahl: 1
Basisplatte 504 269302-4014.410		Anzahl: 2
Magnetfuß 506 260298-3000.128		Anzahl: 2
Säulenstift 140 / 90 oder 200 260297-9900.128 140 260297-9900.228 90 260297-9900.328 200		Anzahl: 2
Schraubensatz 269302-4005.624		Anzahl: 1

Abb. 5: Optische und mechanische Komponenten Geradheitsinterferometer

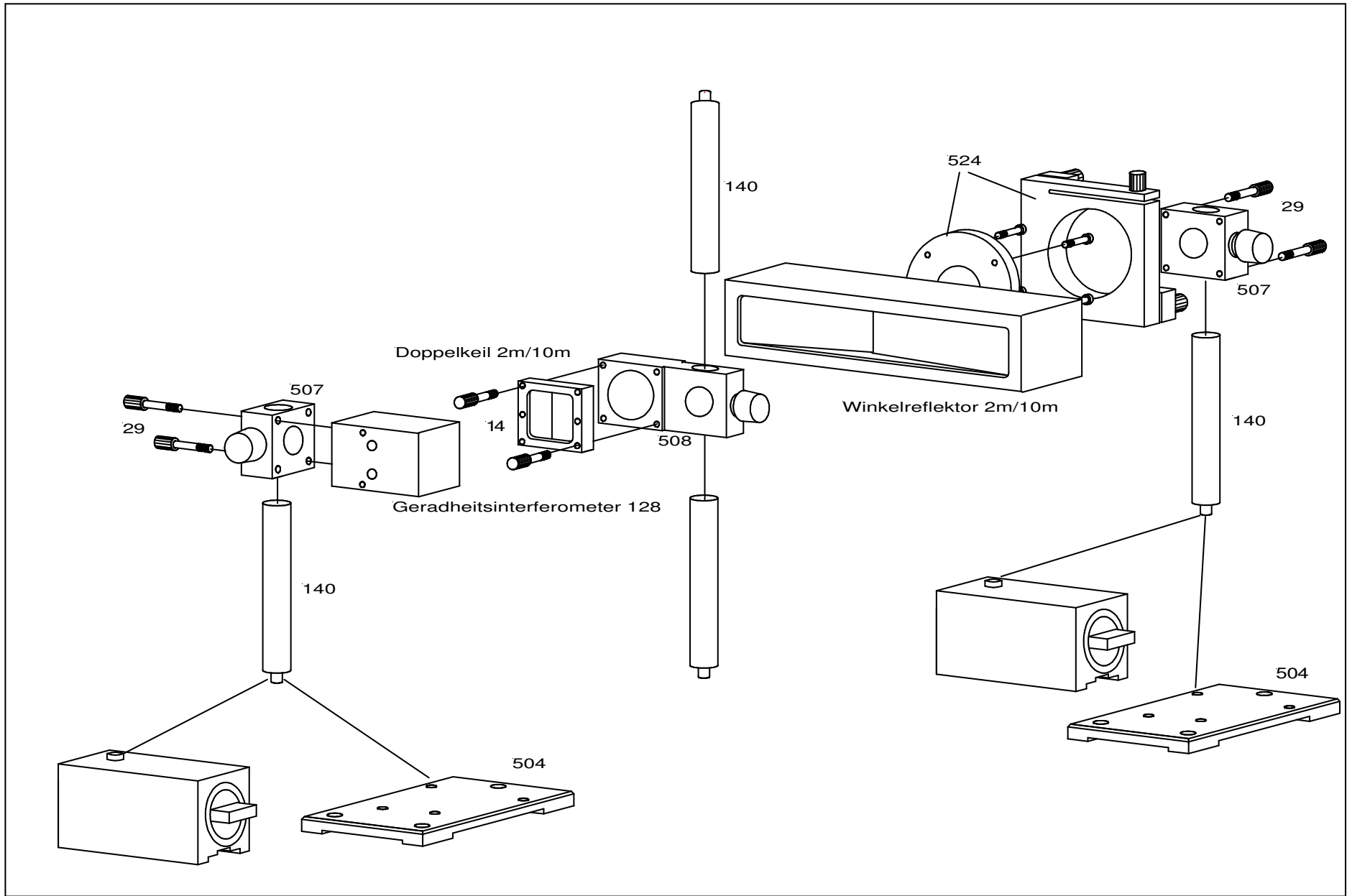


Abb.6: Montagebild horizontaler Aufbau

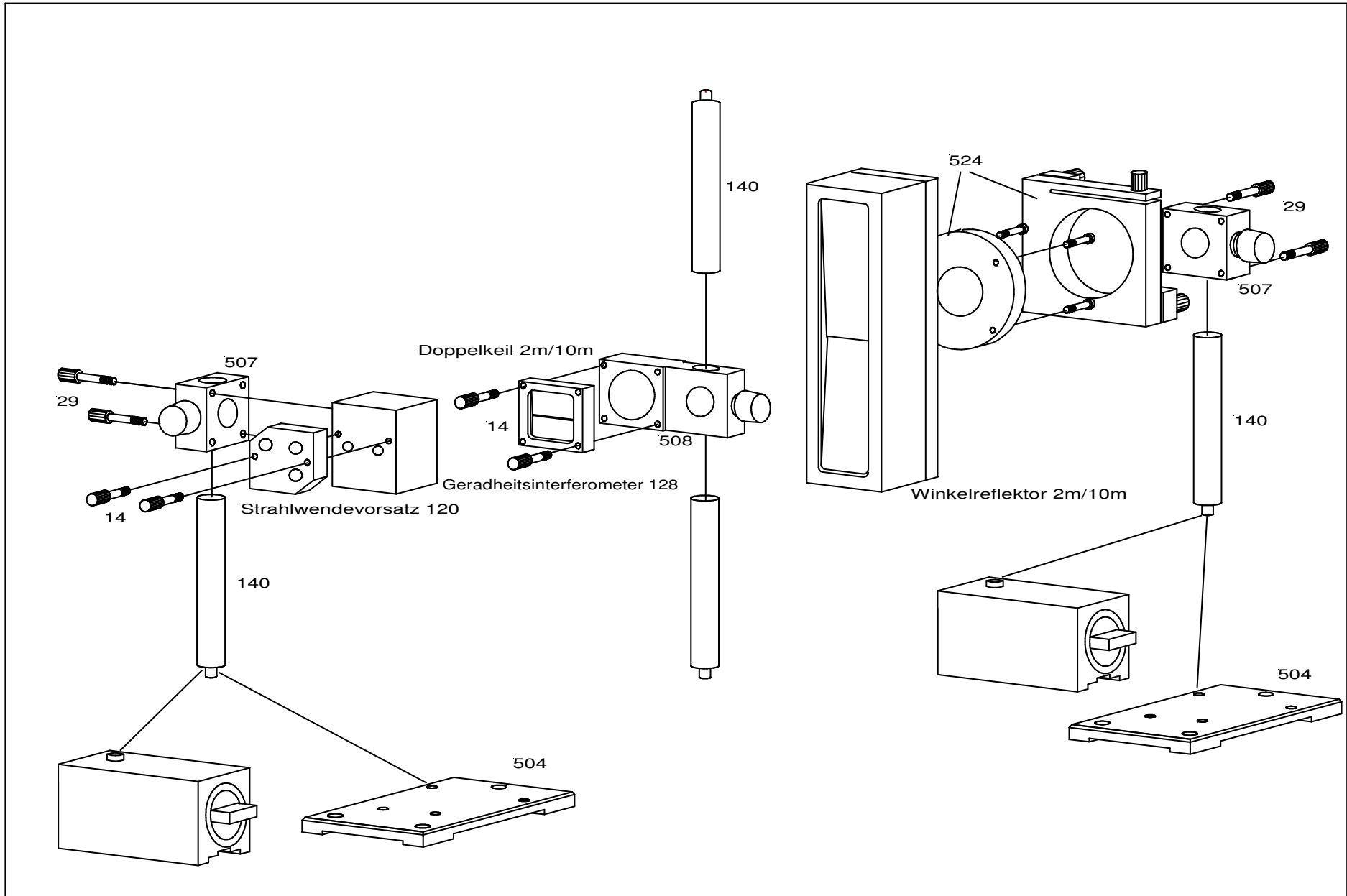
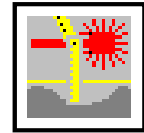


Abb. 7: Montagebild - Geradheitsmessung vertikaler Aufbau



Interferometeranordnung Geradheitsmessung

Messaufbau

Sind alle Komponenten montiert, kann die Justierung **Lasermesskopf - Geradheitsinterferometer - Doppelkeil - Winkelreflektor** am Messobjekt beginnen. Die Vorgehensweise sollte für beide Aufbauten (waagerechter, senkrechter Aufbau) in folgenden Schritten erfolgen:

1. Ermittlung der zu vermessenden Bewegungsachse und eines für die Befestigung des Doppelkeils geeigneten Punktes am beweglichen Teil des Messobjektes.
Bsp. Abb. 8 Maschinenpinole - Doppelkeil
2. Bestimmung zweier ortsfester Bezugspunktes zur Flucht der Bewegungsachse, an denen Interferometer und Winkelspiegel starr befestigt werden
Bsp. Abb. 8 Maschinentisch - Winkelreflektor
 Maschinentisch - Geradheitsinterferometer



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.

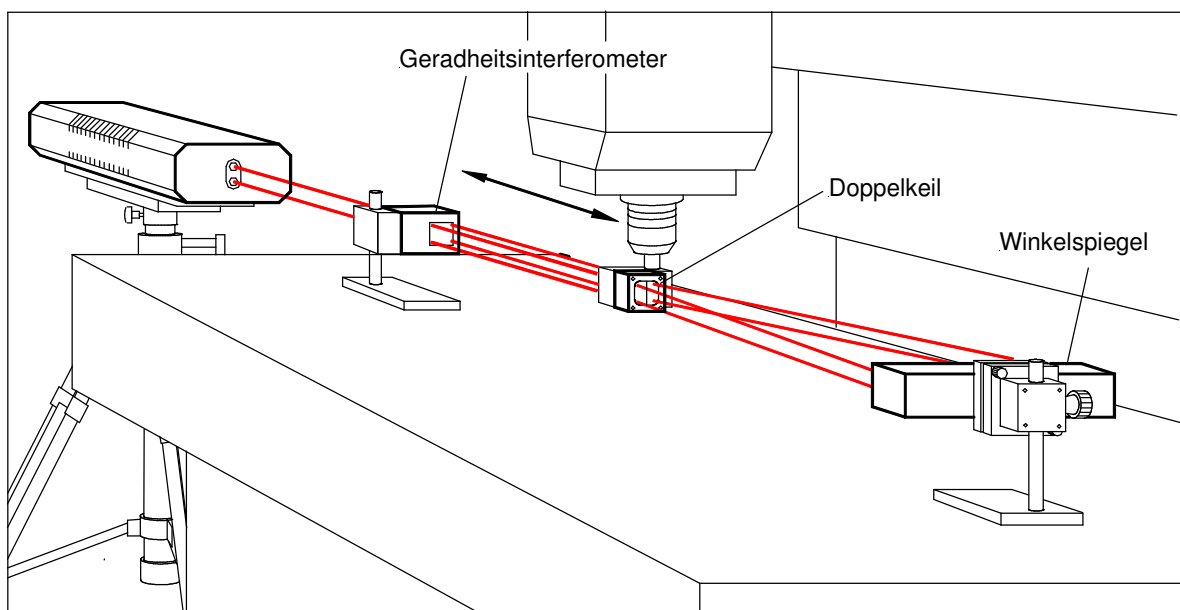


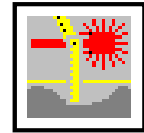
Abb. 8: Messaufbau

3. Befestigung der Optikkomponenten an den ermittelten Bezugspunkten



ACHTUNG

gleicher Abstand von Geradheitsinterferometer, Doppelkeil und Winkelreflektor zur Messlinie ($h_1 = h_2$), Abb. 9



Interferometeranordnung Geradheitsmessung



Tipp:

- (1) Lasermesskopf so nah wie möglich am Geradheitsinterferometer positionieren (x_{tot})
- (2) Winkelreflektor am entferntesten Punkt vom Geradheitsinterferometer positionieren (x_{max}), Abb.9
- (3) Kontrolle ob Parallelverschiebung und Winkelkipfung des Justiertisches auf Mittelstellung stehen \Rightarrow wesentlich für ausreichende Justierwege bei Feinjustierung des Strahlenganges

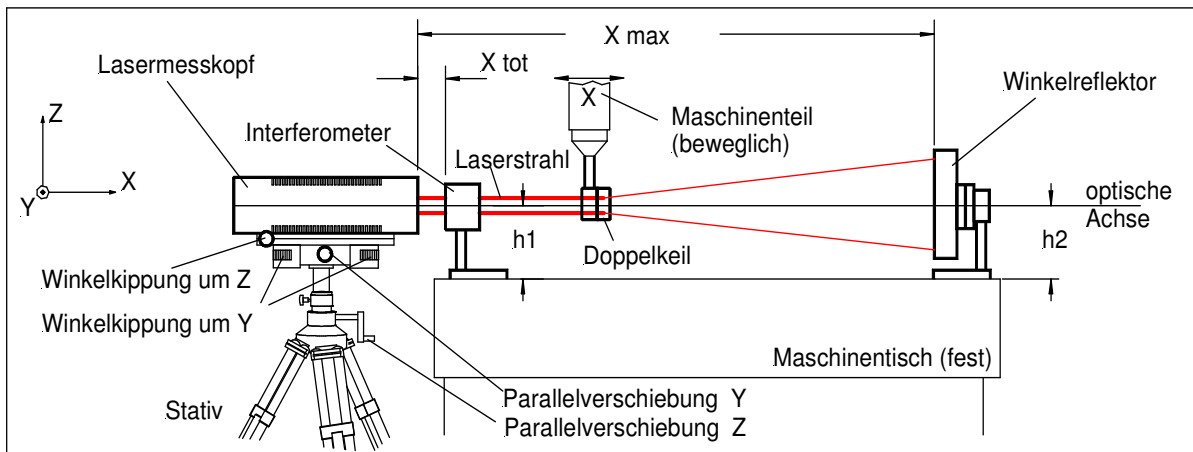


Abb. 9: Messaufbau, optischer Strahlengang

4. Ausrichten des Laserstrahles zur Bewegungsrichtung der zu vermessenden Achse



Tipp

Entfernen des Doppelkeiles aus dem Strahlengang und Befestigung eines Tripelreflektors an Stelle des Doppelkeiles vereinfacht die Justierung des optischen Strahlenganges auf Parallelität zur Messachse. \Rightarrow Nur ein Strahl nach dem Geradheitsinterferometer, \Rightarrow den direkten Strahl verwenden. Abb.10 (d en anderen Strahl abdecken)
Als Tripelreflektor kann der Doppeltripelreflektor 160 verwendet werden. Dieser wird direkt gegen den Doppelkeil ausgetauscht. (Bei Verwendung des Tripelreflektors 102 ist zu beachten, dass die Mitte um 7,5mm versetzt ist. Zum Ausgleich dient die Adapterplatte 542.)

Grundlegend wird unterschieden nach (Abb. 10) :

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

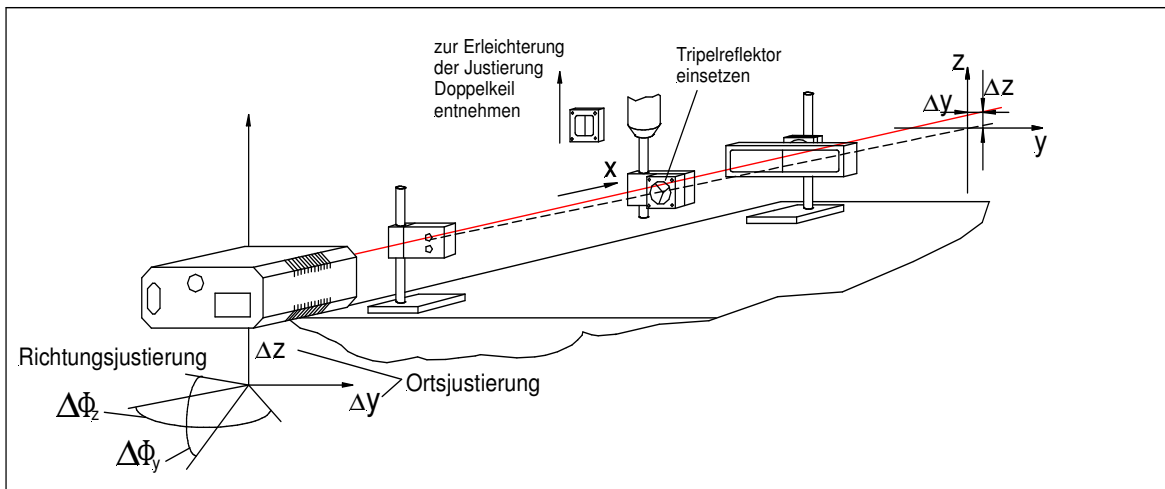
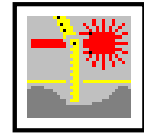


Abb. 10 Justierung des Strahlenganges mit Tripelreflektor

Der Aufbau des ZLM 700 ist so gestaltet, dass beide Justierungen sich durch die Stellelemente am Justiertisch / Stativ vornehmen lassen. Dies bringt den Vorteil nur eines Justierortes mit sich. Wichtig für Orts- und Richtungsjustierung ist die Stellung (Ort) des Tripelreflektors zum Geradheitsinterferometer, Abb. 11/ 12.

Ortsjustierung, Parallelverschiebung ⇨ in dem Lasermesskopf nächst gelegenen Punkt des Tripelreflektors

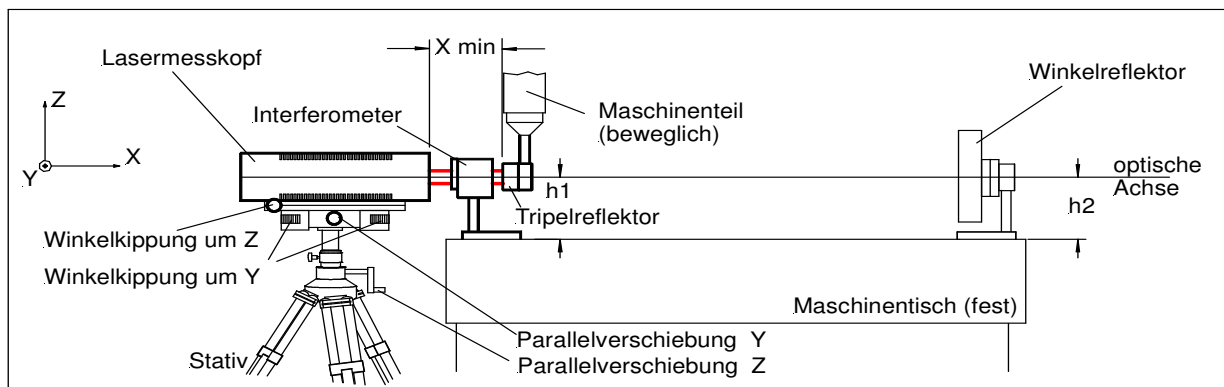


Abb. 11: Ortsjustierung des Strahlenganges

Richtungsjustierung, Winkelkipfung ⇨ in dem Lasermesskopf entlegensten Punkt des Tripelreflektors

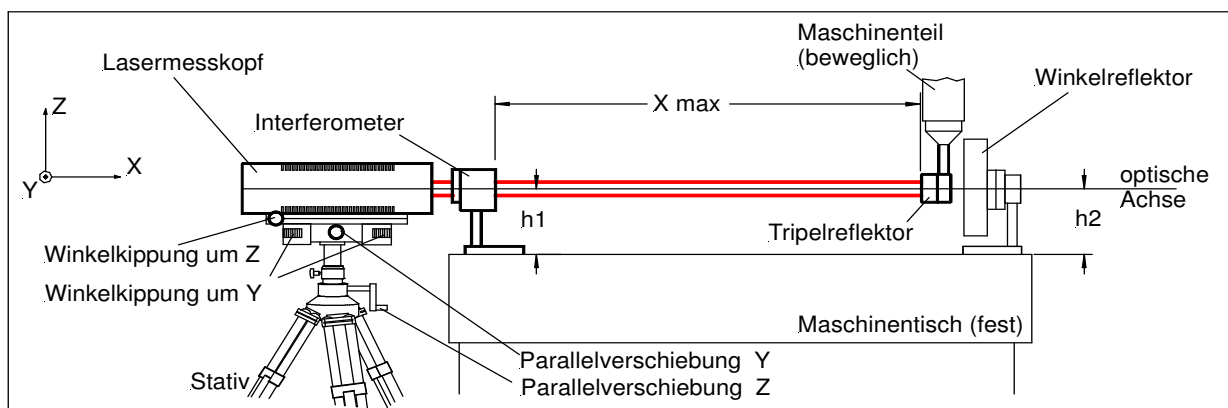
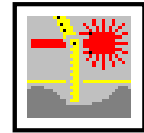


Abb. 12: Richtungsjustierung des Strahlenganges



Interferometeranordnung Gerademessung

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 wird der in den Lasermesskopf zurückreflektierte Strahl, in einer leistungsabhängigen Darstellung abgebildet. Anhand dieses Bildes kann die Qualität der Einstellung überprüft und die eigentliche Justierung durchgeführt werden.

2) Tripelreflektor in den entferntest gelegen Punkt bewegen, positionieren, Abb.12

Richtungsjustierung des Lasermesskopfes in 1

$\Delta\Phi_y$ - über seitliche Rändelschraube des Justiertisches

$\Delta\Phi_z$ - über die drei im Justiertisch befindlichen Rändelschrauben der Höhenverstellung

Justierung bis reflektierter Strahl die Strahleintrittsöffnung am Lasermesskopf trifft.

Feinjustierung nach Fadenkreuz der Bildschirmdarstellung

3) Tripelreflektor in den nächst gelegenen Punkt bewegen, positionieren, Abb.11

Ortsjustierung des Lasermesskopfes in 2

Δy - über Parallelverschiebung des Lasers durch die Mikrometerschraube des Justiertisches

Δz - über das Handrad der Höhenverstellung des Stativs Justierung bis reflektierter Strahl die Strahleintrittsöffnung am Lasermesskopf trifft

Feinjustierung nach Fadenkreuz der Bildschirmdarstellung

Aus Punkt 2 und 3 ergibt sich iterativ die Optimaleinstellung. Der verbleibende Ausrichtungsfehler ist als laufender Balken unterhalb der Fadenkreuzdarstellung ablesbar.

4) Justierung des Winkelreflektors über folgende Schritte, Abb.13

- Austausch Tripelreflektor - Doppelkeil
- horizontale und vertikale Einjustierung des Winkelreflektors auf die zwei Strahlen der oberen Ebene



Achtung

Strahlen müssen die obere Spiegelfläche (obere Ebene) symmetrisch zur Mitte (Dachkante) des Winkelreflektors treffen

- Einjustierung des Winkelreflektors mittels der Justierschrauben des Kipphalters, so dass die Strahlen senkrecht in sich zurückgeworfen werden. Beide Strahlen müssen in der oberen Strahlengangebene den Doppelkeil wieder passieren (Beobachtung der auf den Doppelkeil zurückgeworfenen Strahlen bis diese deckungsgleich mit den vom Geradheitsinterferometer kommenden Strahlen sind). Bei richtiger Justierung werden beide Strahlen der unteren Strahlengangebene (Abb. 13) wieder auf den Winkelspiegel zurückgeworfen.
- Beide Strahlen liegen in der unteren Ebene, in der Regel jedoch seitlich versetzt, auf dem Winkelspiegel. Durch leichtes Drehen des Winkelreflektors wird der Strahlengang der unteren Ebene senkrecht unter den Strahlengang der oberen Ebene justiert.

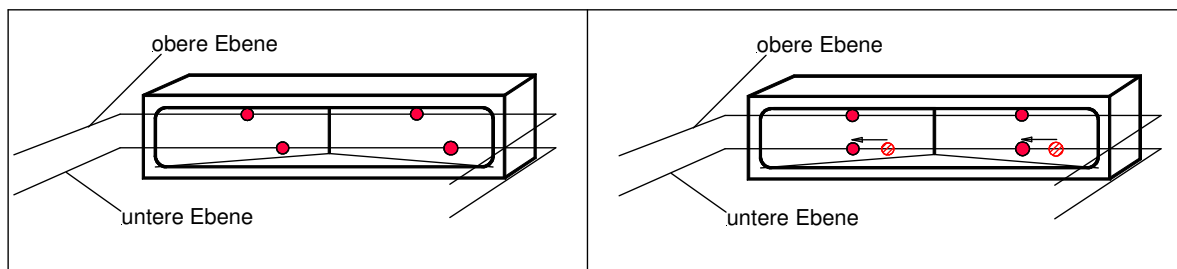
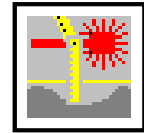


Abb. 13:



Interferometeranordnung Gerademessung

- Bei richtiger Justierung wird der Laserstrahl zum unteren Strahleintritt des Lasers zurückgeworfen.



- Anhand der Bildschirmdarstellung Justierung erfolgt abschließend die Feinjustierung auf optimalen Strahlengang



ACHTUNG

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

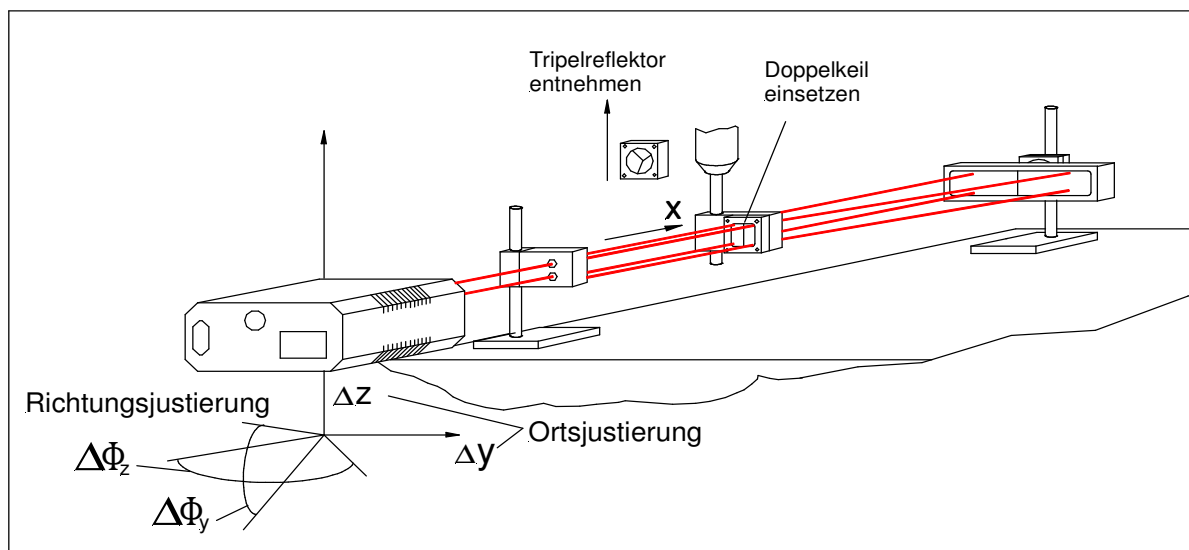


Abb. 14: Justierung des Interferometers mit Doppelkeil

Mit der Justierung von Doppelkeil und Winkelspiegel ist der Aufbau vollständig. Es kann mit der Messung, siehe „Handbuch Software“, begonnen werden.