

## C Interferometer mit Tripelreflektoren zum Winkelmessen

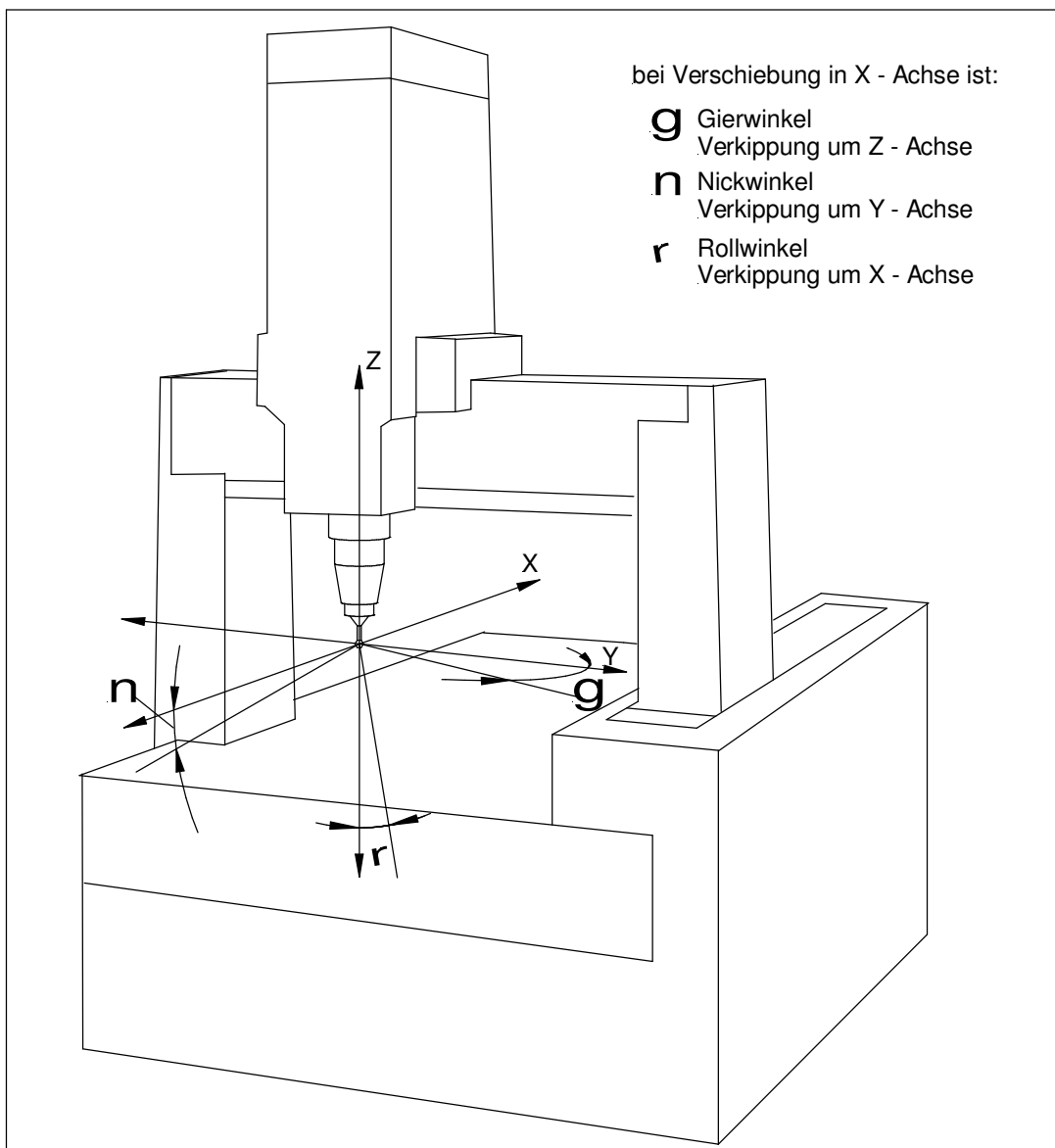


Abb. 1: Kippwinkel an einer Koordinatenmessmaschine

Zum Erfassen von Gier- und Nickwinkelfehlern an Werkzeugmaschinen, Koordinatenmessmaschinen u.s.w. sowie zur Lösung anderer Winkelmessaufgaben können spezielle Winkelinterferometer eingesetzt werden. Diese bestehen aus den Optikmodulen:

**1 Winkelinterferometer 114**  
**1 Doppeltripelreflektor 115**

**269302-4015.324**  
**269302-4015.424**

Wenn bereits eine Streckenmessung durchgeführt wurde, kann durch einfachen Austausch der Optikmodule ohne große Nachjustierung auf die Winkelmessung umgerüstet werden. Die Parallelität des Winkelinterferometers ermöglicht es, Winkel auf Führungsbahnlängen bis 20m zu messen.

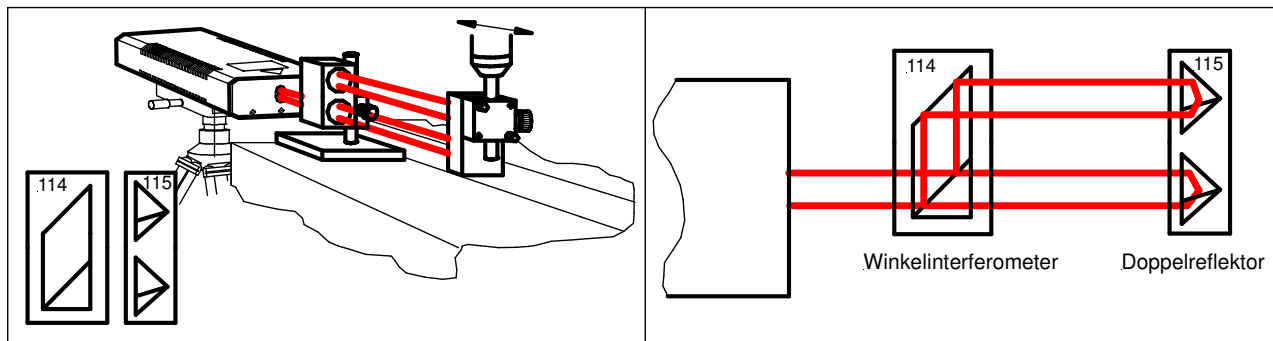
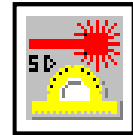


Abb. 2: Optischer Aufbau - Winkelinterferometer zur Nickwinkelmessung  
(zur Gierwinkelmessung - Winkelinterferometer und Doppeltripelreflektor um 90° drehen)

Für spezielle Messaufgaben besteht die Möglichkeit, den Aufbau eines Winkelinterferometers mit den Standardoptikmodulen zu realisieren (Abb. 3).

**Winkelinterferometer aus Standardoptikmodulen:**

- |                                   |                        |
|-----------------------------------|------------------------|
| <b>1 Polarisationssteiler 101</b> | <b>269302-4010.124</b> |
| <b>1 90° Umlenkprisma 110</b>     | <b>269302-4011.024</b> |
| <b>2 Tripelreflektoren 102</b>    | <b>269302-4010.224</b> |

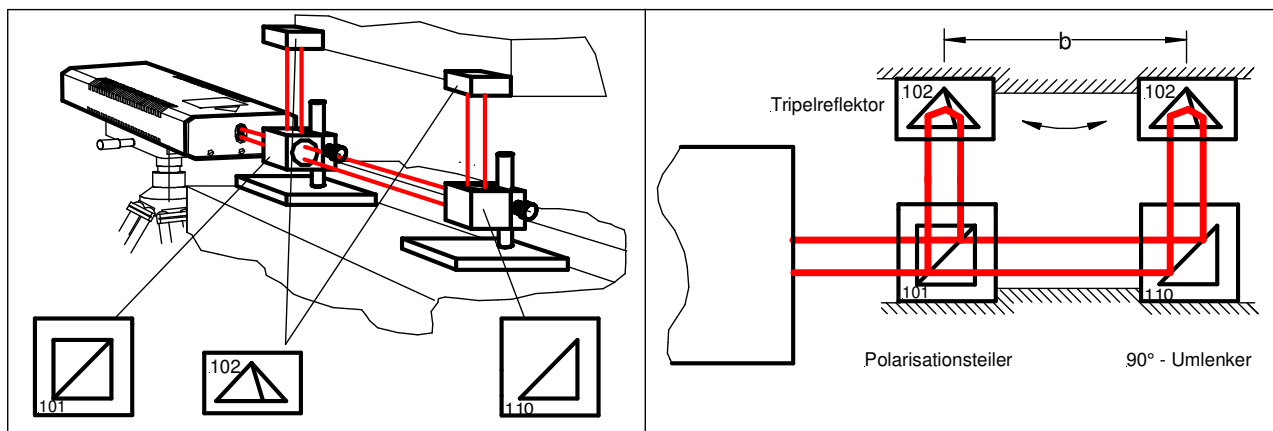
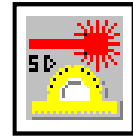


Abb. 3: Optischer Aufbau Winkelinterferometer modular mit Standard – Optik - Modulen

**Winkelinterferometer mit Geradheitsinterferometer**

- |                                       |                        |
|---------------------------------------|------------------------|
| <b>1 Geradheitsinterferometer 128</b> | <b>269302-4012.824</b> |
| <b>1 Doppeltripelreflektor 160</b>    | <b>269302-4014.424</b> |
| bedarfsweise                          |                        |
| <b>1 Wendevorsatz 120</b>             | <b>269302-4008.424</b> |

Unter Verwendung des Doppeltripelreflektors 160, lassen sich mit den Optikmodulen für Geradheitsmessung auch Winkelmessungen durchführen.



## Interferometeranordnungen – Interferometer zum Winkelmessen

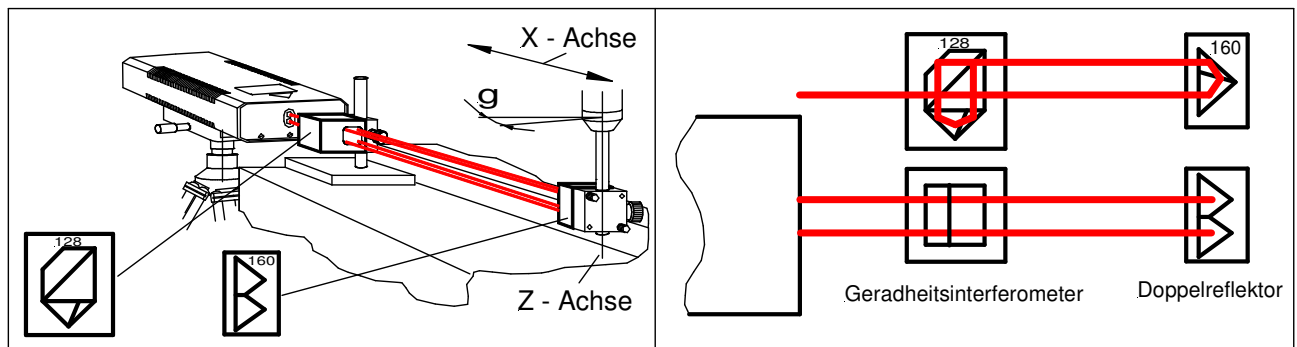


Abb. 4: Optischer Aufbau Winkelinterferometer - Gierwinkelmessung mit Geradheitsinterferometer und Doppeltripelreflektor

Die Abb. 4 zeigt den Aufbau der Gierwinkelmessung mit Geradheitsinterferometer 128 und Doppeltripelreflektor 160. Eine Messung des Nickwinkels ist mit dieser Interferometer – Variante ebenfalls möglich. Geradheitsinterferometer und Doppeltripelreflektor müssen dabei um  $90^\circ$  gedreht montiert werden. Damit der am Interferometer zurückkommende Strahl wieder in den Lasermesskopf eintreten kann, ist zusätzlich der Wendevorsatz 120 zu montieren. Im Wendevorsatz erfolgt über Winkelspiegel eine Strahlumlenkung über die Diagonale und damit eine Versetzung um  $90^\circ$ .

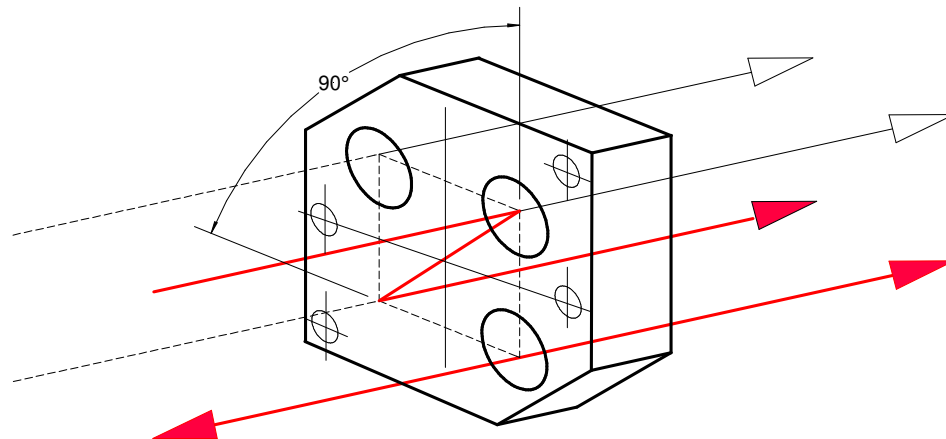
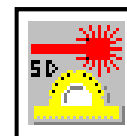


Abb.5: Funktion des Wendevorsatzes 120



## Funktionsbeschreibung

### Winkelinterferometer

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  $f_2$ .

Werden die Spiegel 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.

Erfahren die beiden Spiegel 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 Messspiegels. 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.6:).

Das Winkelinterferometer 114 und der Doppeltripelreflektor 115 haben einen Basisabstand  $b = 40\text{mm}$ . Damit ist ein Messbereich bis zu  $\pm 8^\circ$  möglich. Die Auflösung beträgt  $1,25 \cdot 10^{-7}$  rad.

Bei Winkelmessung mit Geradheitsinterferometer 128 und Doppeltripelreflektor 160 beträgt der Basisabstand  $b = 15\text{mm}$ . Damit ist ein Messbereich bis zu  $\pm 15^\circ$  möglich. Die Auflösung beträgt  $3,3 \cdot 10^{-7}$  rad.

Bei einem modular aufgebauten Winkelinterferometer ist es erforderlich, den Basisabstand  $b$  zu ermitteln und in den PC einzugeben. (siehe Software – Beschreibung Kapitel E2).

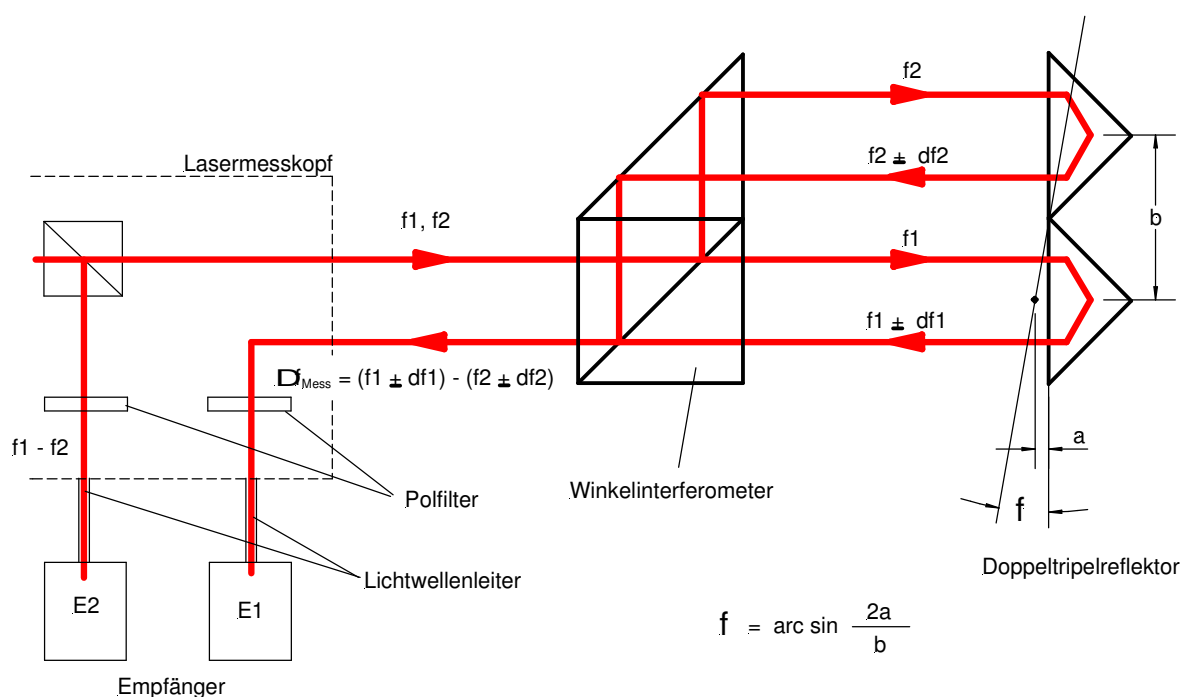
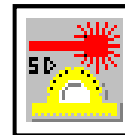


Abb. 6: Winkelinterferometer Funktionsschema



## Interferometeranordnungen – Interferometer zum Winkelmessen

### Lieferumfang

Aus den Abb. 7a, 7b und 7c sind die zum Lieferumfang der Interferometer zur Winkelmessung gehörenden optischen und mechanischen Baugruppen und Komponenten ersichtlich.

### Winkelinterferometer

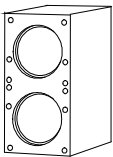
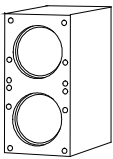
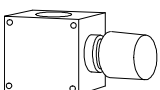

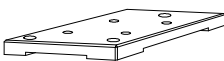
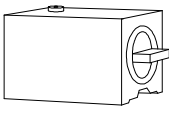


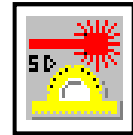
<b>Winkelinterferometer 114</b> 269302-4015.324		Anzahl: 1
<b>Doppeltripelreflektor 115</b> 269302-4015.424		Anzahl: 1
<b>Klemmhalter 507</b> 269302-4010.325		Anzahl: 2
<b>Blende 516</b> 269302-4014.210		Anzahl: 2
<b>Basisplatte 504</b> 269302-4014.410		Anzahl: 2
<b>Magnetreiter</b> 260298-3000.128		Anzahl: 2
<b>Säulenstift 140</b> 260297-9900.128		Anzahl: 2
<b>Schraubensatz</b> 269302-4005.624		Anzahl: 1

Abb. 7a: Optische und mechanische Komponenten Tripel Spiegelinterferometer - Winkel



**Winkelinterferometer aus Standardoptikmodulen**

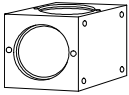
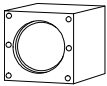
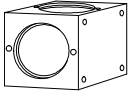
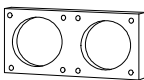
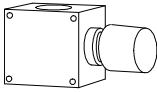

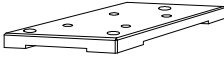
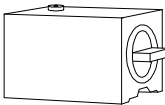


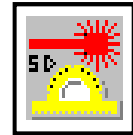
<b>Polarisationsteiler 101</b> 269302-4010.124		Anzahl: 1
<b>Tripelreflektor 102</b> 269302-4010.224		Anzahl: 2
<b>90° Umlenkprisma 110</b> 269302-4011.024		Anzahl: 1
<b>Koppelplatte 510</b> 269302-4014.510		Anzahl: 1
<b>Klemmhalter 507</b> 269302-4010.325		Anzahl: 2
<b>Blende 516</b> 269302-4014.210		Anzahl: 2
<b>Basisplatte 504</b> 269302-4014.410		Anzahl: 2
<b>Magnetreiter</b> 260298-3000.128		Anzahl: 2
<b>Säulenstift 140</b> 260297-9900.128		Anzahl: 2
<b>Schraubensatz</b> 269302-4005.624		Anzahl: 1

Abb. 7b: Optische und mechanische Komponenten Tripel Spiegel - Winkelinterferometer (modular)



Interferometeranordnungen – Interferometer zum Winkelmessen

**Winkelinterferometer aus Geradheitsinterferometer und Doppeltripelreflektor 160**

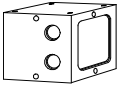
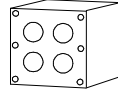
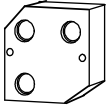
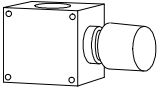
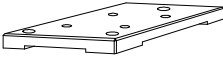
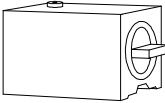
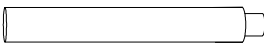

<b>Geradheitsinterferometer 128</b> 269302-4012.824		Anzahl: 1
<b>Doppeltripelreflektor 160</b> 269302-4016.524		Anzahl: 1
<b>Wendevorsatz 120</b> 269302-4008.424		Anzahl: 1
<b>Klemmhalter 507</b> 269302-4010.325		Anzahl: 2
<b>Basisplatte 504</b> 269302-4014.410		Anzahl: 2
<b>Magnetreiter</b> 260298-3000.128		Anzahl: 12
<b>Säulenstift 140 / 90 oder 200</b> 260297-9900.128 <b>140</b> 260297-9900.228 <b>90</b> 260297-9900.328 <b>200</b>		Anzahl: 2
<b>Schraubensatz</b> 269302-4005.624		Anzahl: 1

Abb 7c: Optische und mechanische Komponenten Geradheitsinterferometer - Doppeltripelreflektor

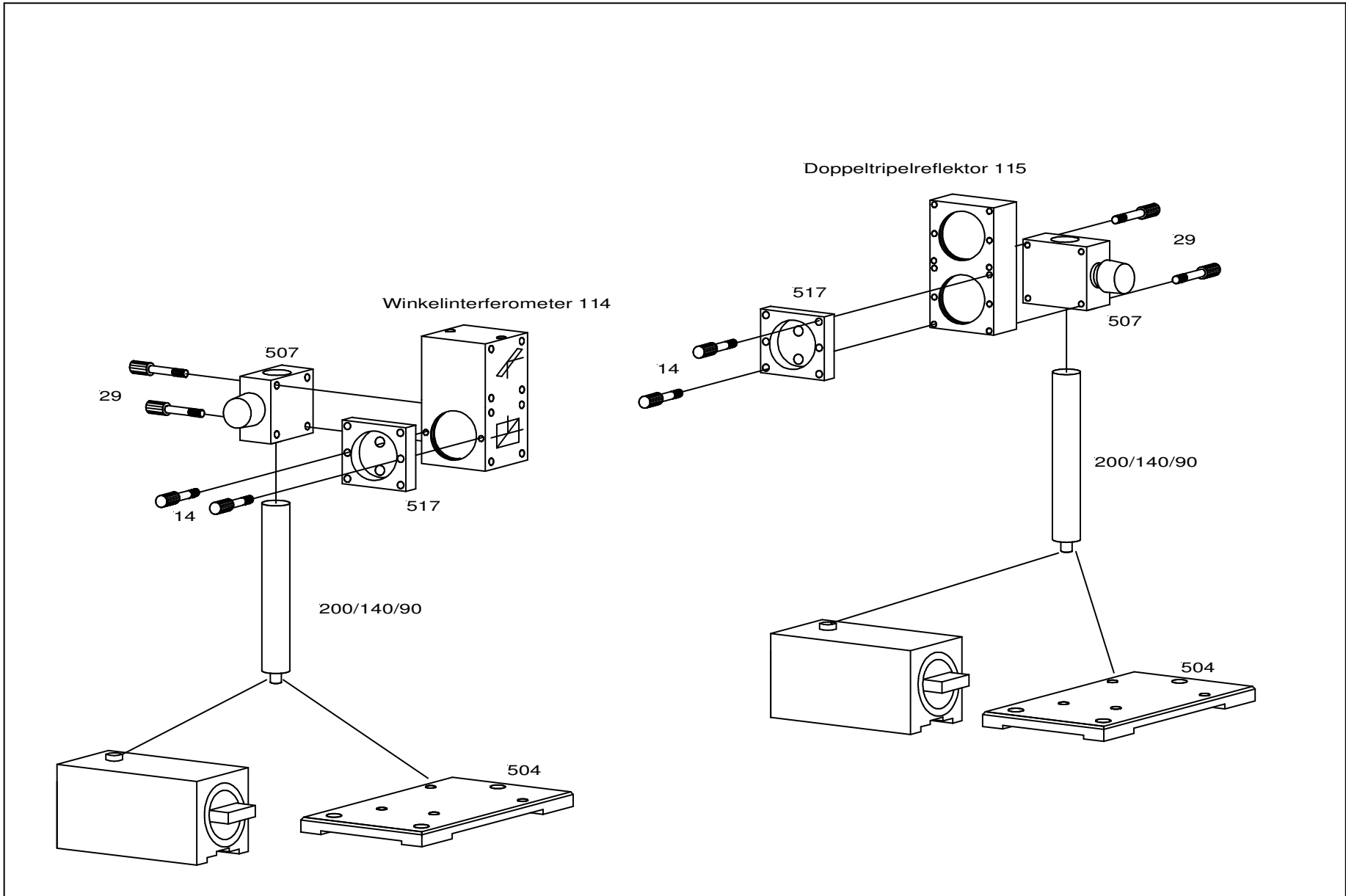


Abb. 8: Winkelinterferometer



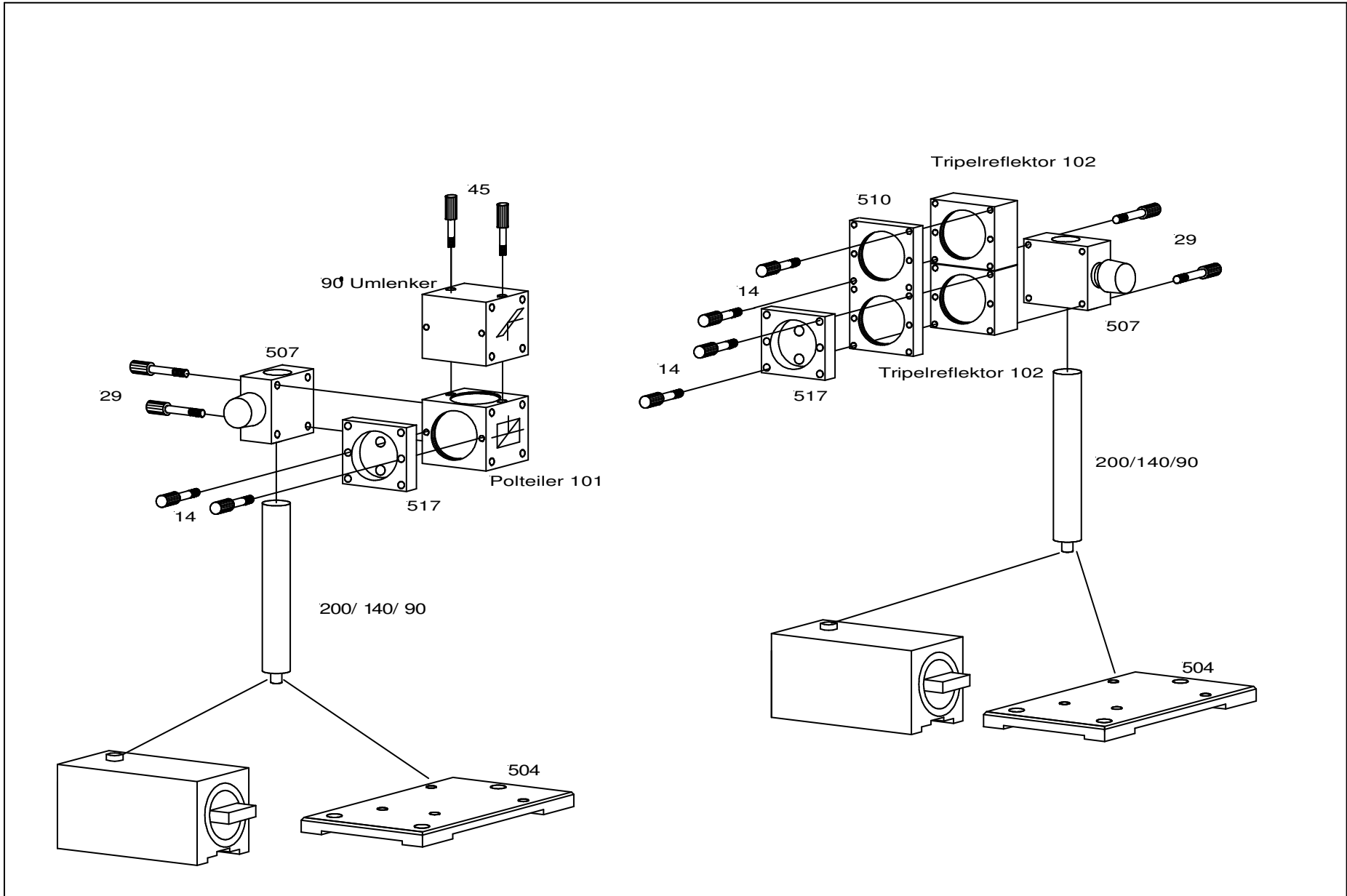


Abb. 9: Interferometer - Winkelmessung (modularer Aufbau)

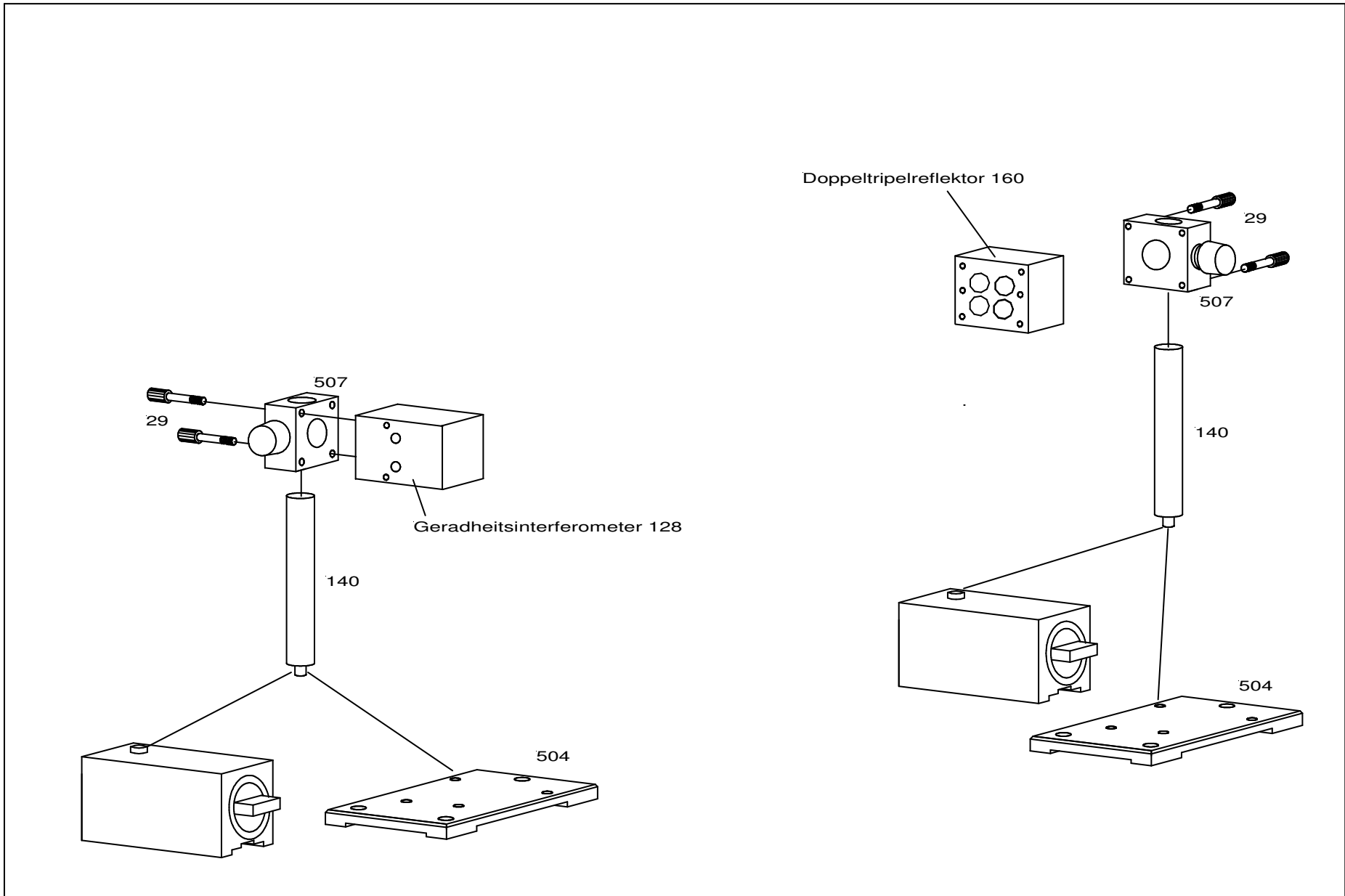


Abb.10a: Winkelmessung mit Geradheitsinterferometer horizontaler Aufbau

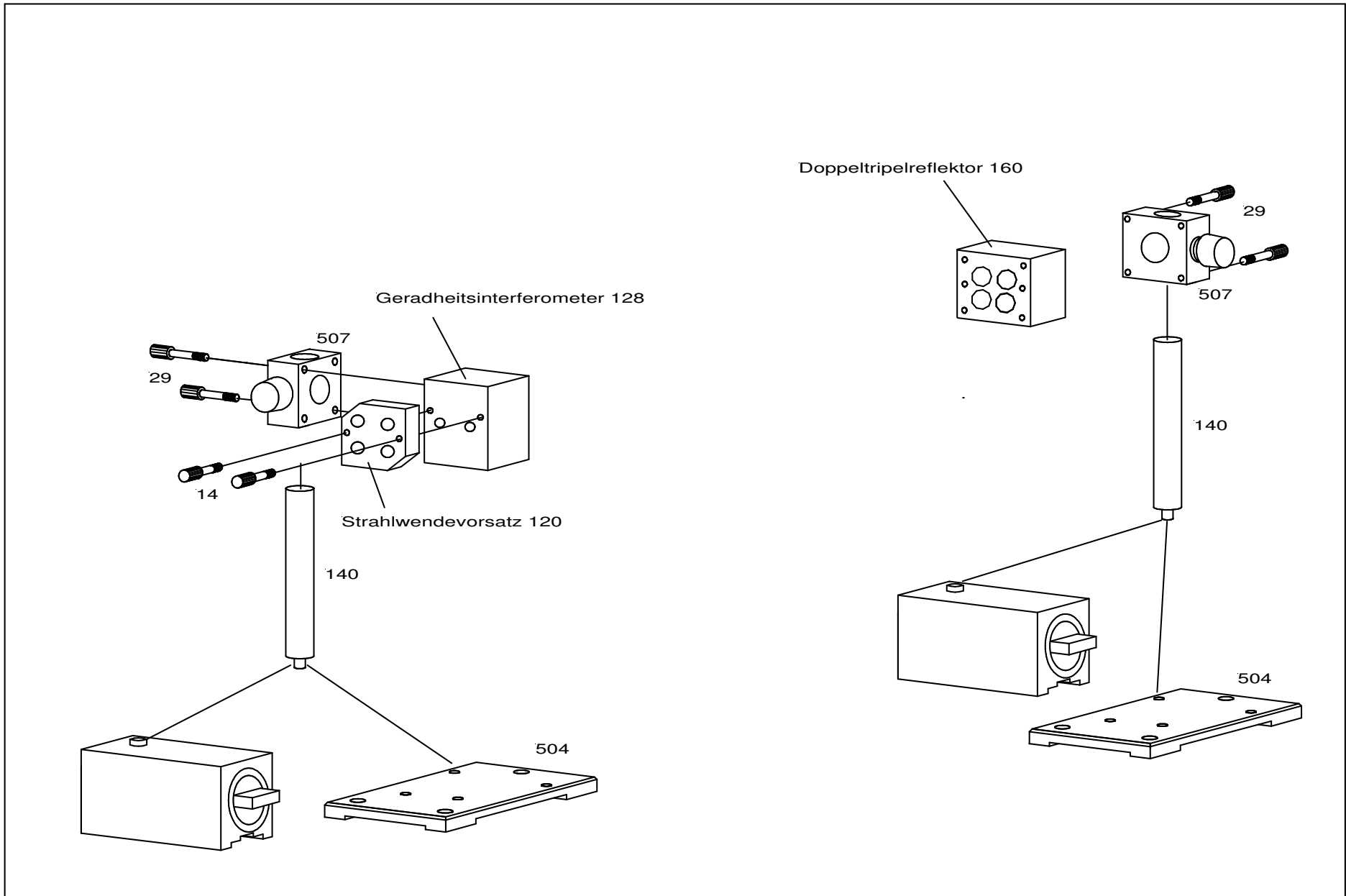
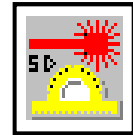


Abb.10b: Winkelmessung mit Geradheitsinterferometer vertikaler Aufbau



## Interferometeranordnungen – Interferometer zum Winkelmessen

### Justierung

Die Justage der Tripelspiegelinterferometer zur Bestimmung von Nick- und Gierwinkeln soll hier am Beispiel der Variante *Winkelinterferometers 114 - Doppelreflektor 115* erläutert werden.

Die Vorgehensweise zur Erstellung des Messaufbaus ist ähnlich der beim Tripelspiegelinterferometer zur Positionsmessung. Sie sollte in folgenden Schritten erfolgen:

1. Ermittlung der Lage der Messebene zum Laserstrahl
2. Bestimmung eines ortsfesten Bezugspunktes zur Flucht der Bewegungsachse zum Aufstellen des Winkelinterferometers



#### Achtung

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

3. Befestigung der Optikkomponenten an den ermittelten Bezugspunkten zur Messfehlereingrenzung

Winkelinterferometer  
Doppelreflektor

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) Doppelreflektor 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

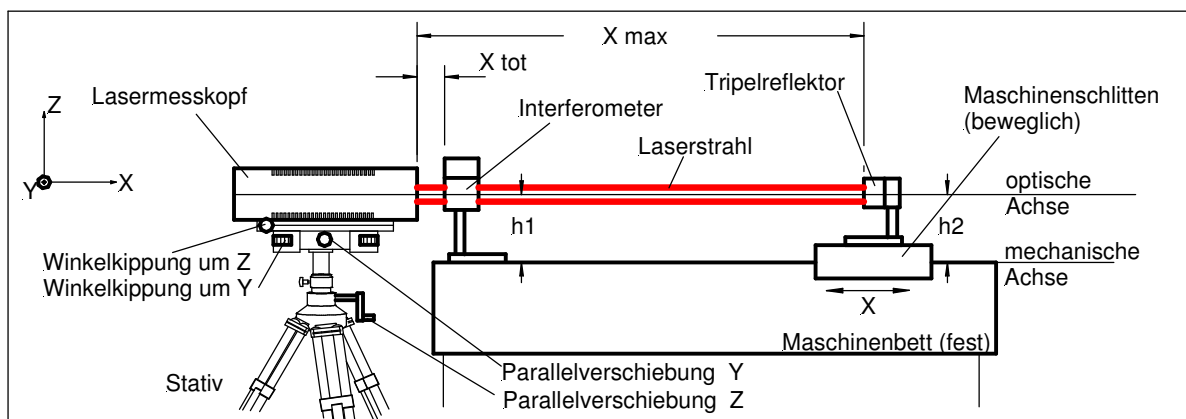
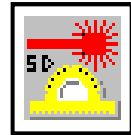


Abb. 11: Messaufbau, optischen Strahlengang



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 Doppelreflektor benötigt wird.  $\Rightarrow$  Nur ein Strahl kehrt zum Laser zurück, was die Beurteilung des Justierzustandes erleichtert.
- Einjustierung auf **unteren Tripelreflektor** des Doppelreflektors

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 durch die Stellelemente an Justiertisch und Stativ ausgeführt werden können.  $\Rightarrow$  schnelle gleichzeitige Justierung in Ort und Richtung sind möglich.

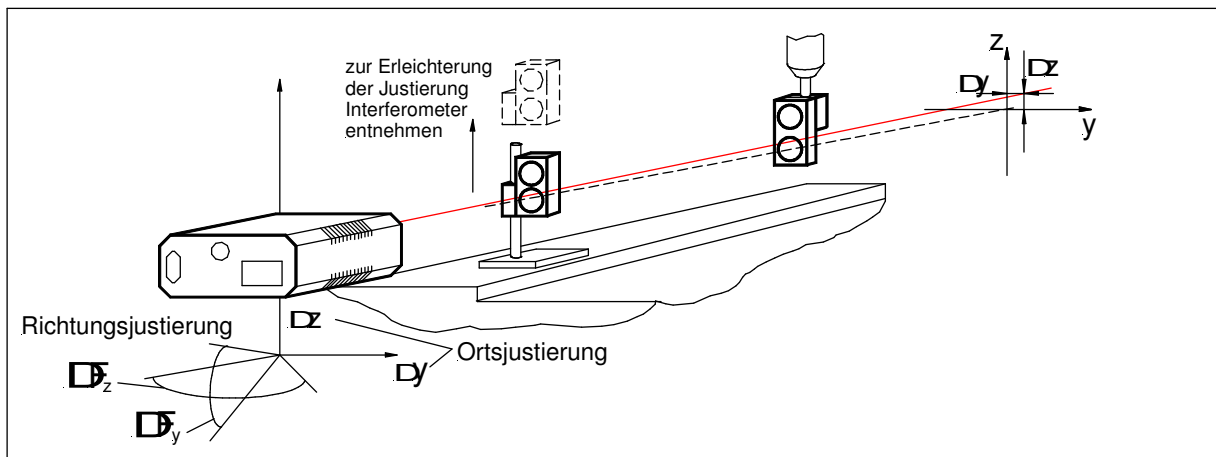
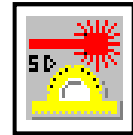


Abb. 12: Justierung des Strahlenganges

Wichtig für Orts- und Richtungsjustierung ist die Stellung (Ort) des Doppelreflektors zum Winkelinterferometer, Abb. 13:

Ortsjustierung, Parallelverschiebung  $\Rightarrow$  geringste Distanz zwischen Laser und Doppeltripelreflektor



## Interferometeranordnungen – Interferometer zum Winkelmessen

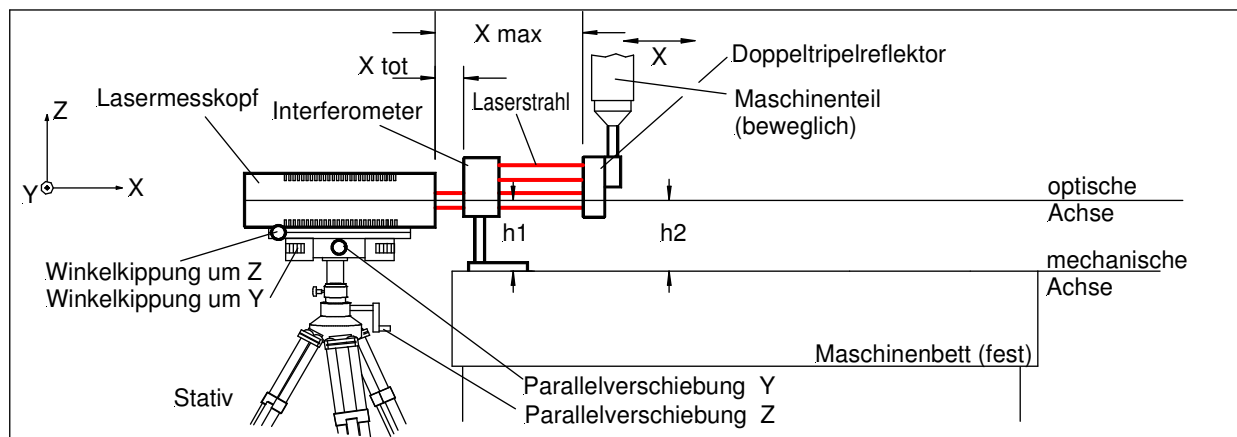


Abb. 13: Ortsjustierung des Strahlenganges

Richtungsjustierung, Winkelkipfung  $\Rightarrow$  größte Distanz zwischen Laser und Doppeltripelreflektor

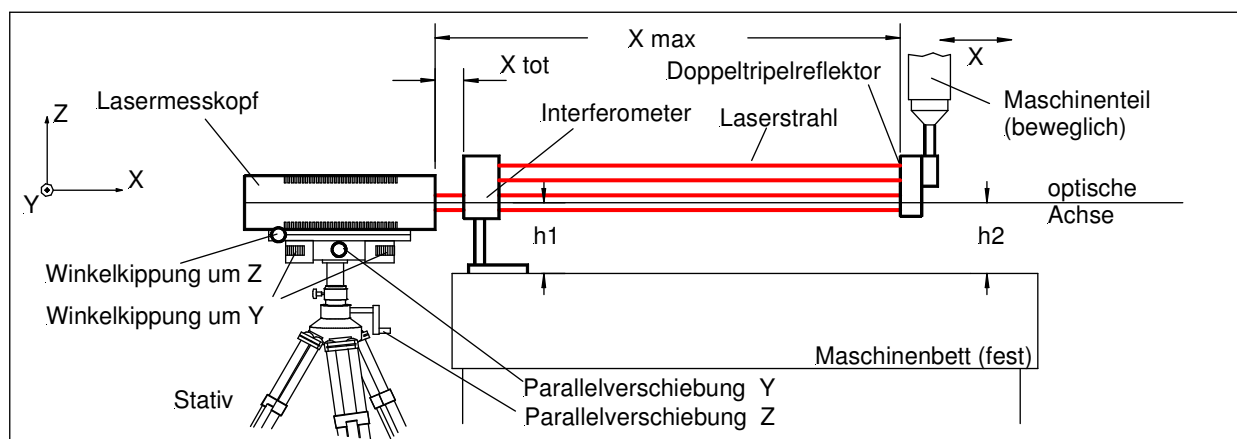


Abb. 14: Richtungsjustierung des Strahlenganges

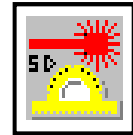
### Justierablauf

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.



## Interferometeranordnungen – Interferometer zum Winkelmessen

- 2) Planspiegel 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) Doppeltripelreflektor 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 (Kosinusfehler - Winkelfehler zwischen optischer und mechanischer 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.14  
Ein Einstützen der mechanischen Bauhöhe ist nicht erforderlich (gleiche mechanische Bauhöhe zum Doppelreflektor). Die seitliche Feinjustierung des Strahlenganges erfolgt über das Verschieben des Interferometers, - Kontrolle der Justierungsgüte durch Bildschirmdarstellung

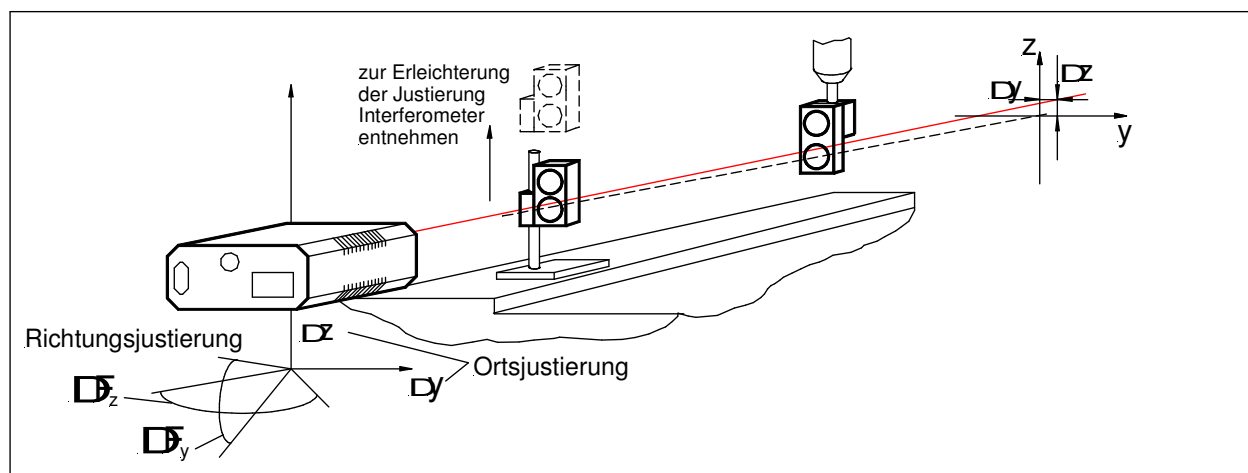


Abb. 15: Einstückung des Winkelinterferometers



### Hinweis:

Die Einstückung des Interferometers beeinflusst nicht den justierten Strahlengang zwischen Lasermesskopf und Doppelreflektor.



### 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.