

## Interferometeranordnung Rechtwinkligkeitsmessung

### F Interferometeranordnungen zur Messung der Rechtwinkligkeit

Die Abweichung von der Rechtwinkligkeit zweier Maschinenachsen kann auf folgende Weise gemessen werden:

1. Die Geradheit einer Maschinenachse wird gemessen.
2. Der Winkelreflektor bleibt als Bezug nach dieser Messung unverändert stehen.
3. Ein 90°Pentagonalprisma (mit einer Winkelunsicherheit \* 1") wird als Normal in den Strahlengang zur zweiten Achse gebracht.
4. Die Geradheit der zweiten Achse wird gemessen über das Pentagonalprisma zu dem in seiner Position unverändertem Winkelspiegel.

Als Ergebnis erhält man die Geradheitsabweichungen zweier Achsen in Bezug zum Rechtwinkligkeits-normal (Pentagonalprisma).

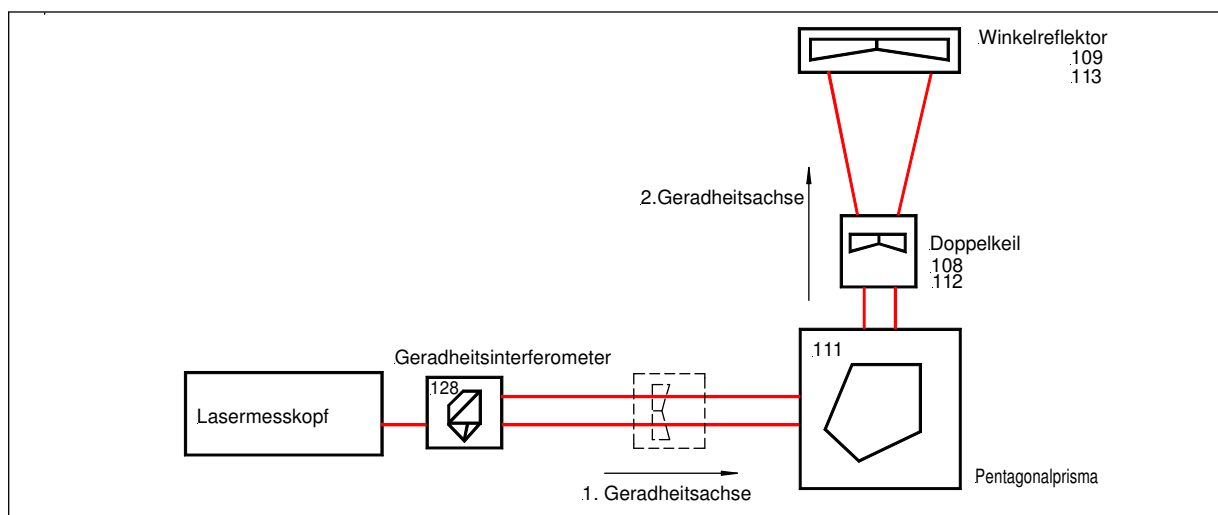
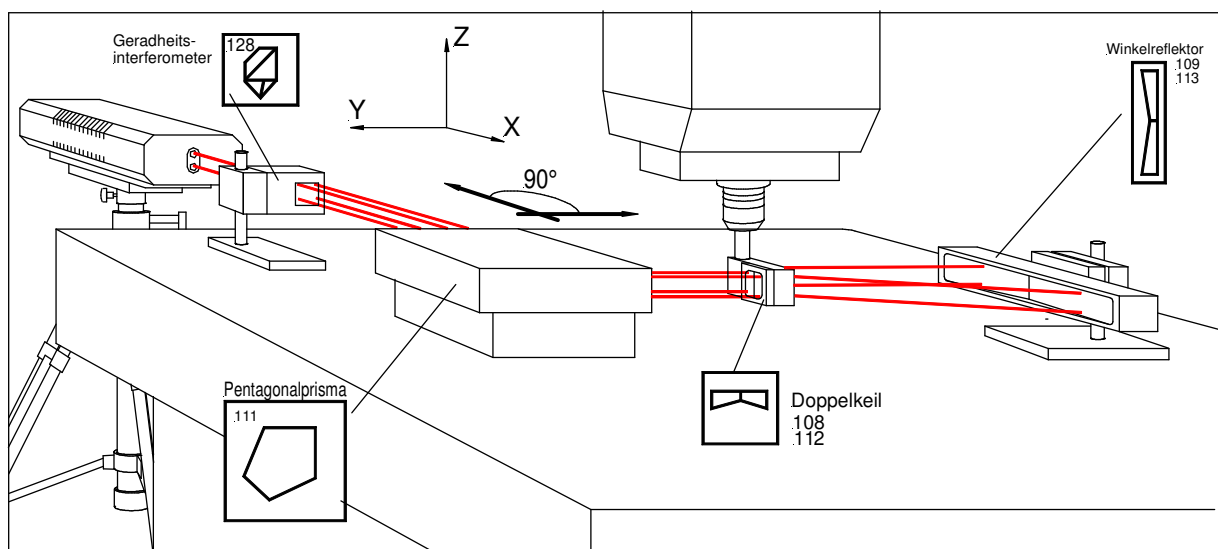
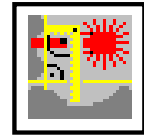


Abb. 1: Aufbau zur Rechtwinkligkeitsmessung (horizontal)



## Interferometeranordnung Rechtwinkligkeitsmessung

Die Rechtwinkligkeitsmessung ist durch Hinzufügen weiterer Bauelemente als eine Erweiterung der Geradheitsmessung anzusehen. Dabei ist zu beachten, dass die Geradheitsmessungen der beiden Achsen in der gleichen Ebene wie ihre rechtwinklige Zuordnung liegen müssen. Je nach Achslage wird unterschieden in:

1. horizontale Rechtwinkligkeitsmessung (Abb.1)
2. vertikale Rechtwinkligkeitsmessung (Abb.2).

Die Rechtwinkligkeitsmessung kann für beide Geradheitsoptionen bis **2m Länge** bzw. **10m Länge** angewendet werden.

Die Optikmodule der Rechtwinkligkeitsmessung sind:

<b>1 Geradheitsinterferometer 128</b>		<b>269302-4012.824</b>
<b>1 Wendevorsatz 120</b>		<b>269302-4008.424</b>
<b>1 Doppelkeil 108</b>	<b>2m</b>	<b>269302-4010.824</b>
	<b>oder 112</b>	<b>10m</b>
<b>1 Winkelreflektor 109</b>	<b>2m</b>	<b>269302-4010.924</b>
	<b>oder 113</b>	<b>10m</b>
<b>1 Winkelspiegel 111</b>		<b>269302-4011.124</b>
<b>1 Tripelreflektor 116</b>		<b>269302-4011.624</b>
<b>1 90°Umlenkeprisma 110</b>		<b>269302-4011.024</b>

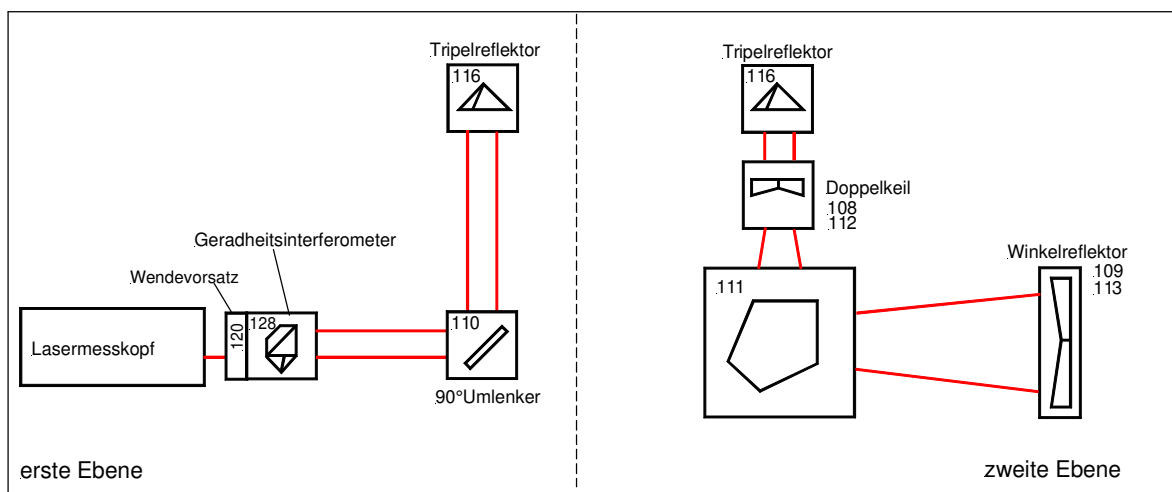
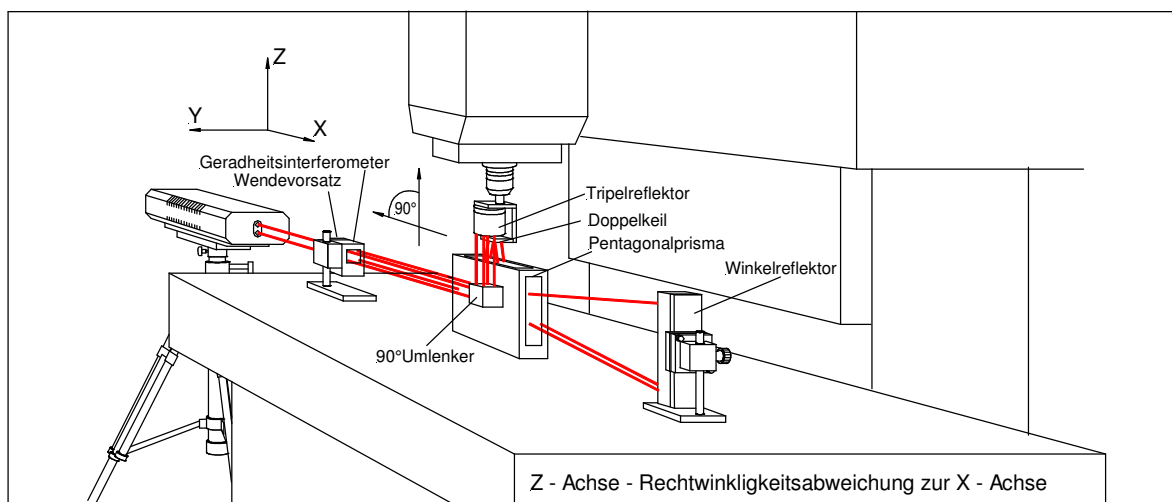
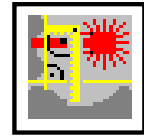


Abb. 2 : Rechtwinkligkeitsmessung vertikaler Aufbau



### Funktionsbeschreibung

Als Messnormal liegt ein Pentagonalprisma zugrunde, das den 90° Winkel mit geringer Messunsicherheit (\* 1“) darstellt. Die Vermessung der Achsen in ihrem 90°-Bezug zueinander erfolgt durch Geradheitsmessungen nach dem interferometrischen Prinzip, wie es auf den Seiten E1 - E11 beschrieben ist. Der Winkelreflektor bleibt (als Geradheitsbezugsnormal) unverändert in der zuerst vermessenen Achse stehen und bildet den gemeinsamen Bezug beider Messachsen. Die dazu rechtwinklige Achsvermessung geschieht durch Erweiterung des Strahlenverlaufes über **90° Umlenker** (der am Pentagonalprisma verschraubt ist), **Tripelreflektor** mit Doppelkeil, (die am beweglichen Teil der Messachse befestigt sind), **Pentagonalprisma**, Winkelreflektor.

Abb. 3, Abb.4a, Abb.4b verdeutlichen den Verlauf der Strahlen in den Ebenen.

Die aus dem Lasermesskopf austretende Lichtmenge gelangt als Messstrahl in ein Geradheitsinterferometer. Beide Schwingungsebenen der ausgestrahlten Frequenzen f1 und f2 stehen senkrecht aufeinander. Im Geradheitsinterferometer erfolgt aufgrund der unterschiedlichen Schwingungsebenen eine Trennung der beiden Frequenzen an der polarisationsteilenden Schicht des Interferometers.

Die Frequenz f1 erfährt eine Umlenkung um 90°, da deren Schwingungsebene parallel in Lage und Richtung zur Polarisationssteilschicht liegt und wird danach erneut um 90° umgelenkt. Beide Wellenlängen sind nach Durchlaufen der Viertelwellenplatte zirkular polarisiert. Sie passieren den 90°-Umlenker und werden über den Tripelreflektor zum Doppelkeil reflektiert. Beide Frequenzen werden nach Erreichen des Doppelkeiles in einem definierten Winkel im Doppelkeil gebrochen und über das Pentagonalprisma (Rechtwinkligkeitsnormal) senkrecht auf die Flächen des Winkelreflektors und von diesem wieder senkrecht in sich zurück über Pentagonalprisma, Doppelkeil, Tripelreflektor und 90°-Umlenker zum Interferometer geworfen. Beim Durchlaufen der Viertelwellenplatte werden beide Frequenzen wieder linear polarisiert, entsprechend ihrer Schwingungsrichtung an den optischen Schichten reflektiert und in den jeweilig zugehörigen Tripelreflektor in die untere Ebene des optischen Strahlenganges (Ebene II) reflektiert. Beide Frequenzen durchlaufen erneut analog Ebene I (Abb. 2) den optischen Weg Interferometer, 90°-Umlenker, Tripelreflektor, Doppelkeil, Winkelreflektor und zurück und werden beim erneuten Passieren der Viertelwellenplatte in ihren Schwingungsebenen gedreht. Die Frequenz f1 schwingt wieder senkrecht und f2 wieder waagrecht zur Einfallsrichtung des Strahles. Somit wird f2 an der Polsteilschicht nicht reflektiert und passiert diese zum Lasermesskopf. f1 wird an der Polsteilschicht um 90° zum Lasermesskopf reflektiert.

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 elektronischen 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  $\Delta z$ . Die Frequenzänderungen ( $df_1$ ,  $df_2$ ) sind proportional der Querverschiebung des Doppelkeiles. Empfänger E1 detektiert aufgrund des zweimaligen Durchlaufens des optischen Weges die Frequenzänderungen

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

$$\Delta f = (f_1 - 4df_1) - (f_2 + 4df_2)$$

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. Durch die unveränderte Lage des Winkelreflektors (Grundbedingung der Rechtwinkligkeitsmessung) erhält man aus beiden Geradheitsmessungen über das Pentagonalprisma die Abweichung von der Rechtwinkligkeit der beiden Achsen zueinander.

Wobei:

- die Geradheitsabweichung der x-Achse **ohne** 90°-Umlenker, Tripelreflektor und Pentagonalprisma ermittelt wurde und
- die Geradheitsabweichung der y-Achse **mit** 90°-Umlenker, Tripelspiegel und Pentagonalprisma senkrecht zur x-Achse erfasst wurde

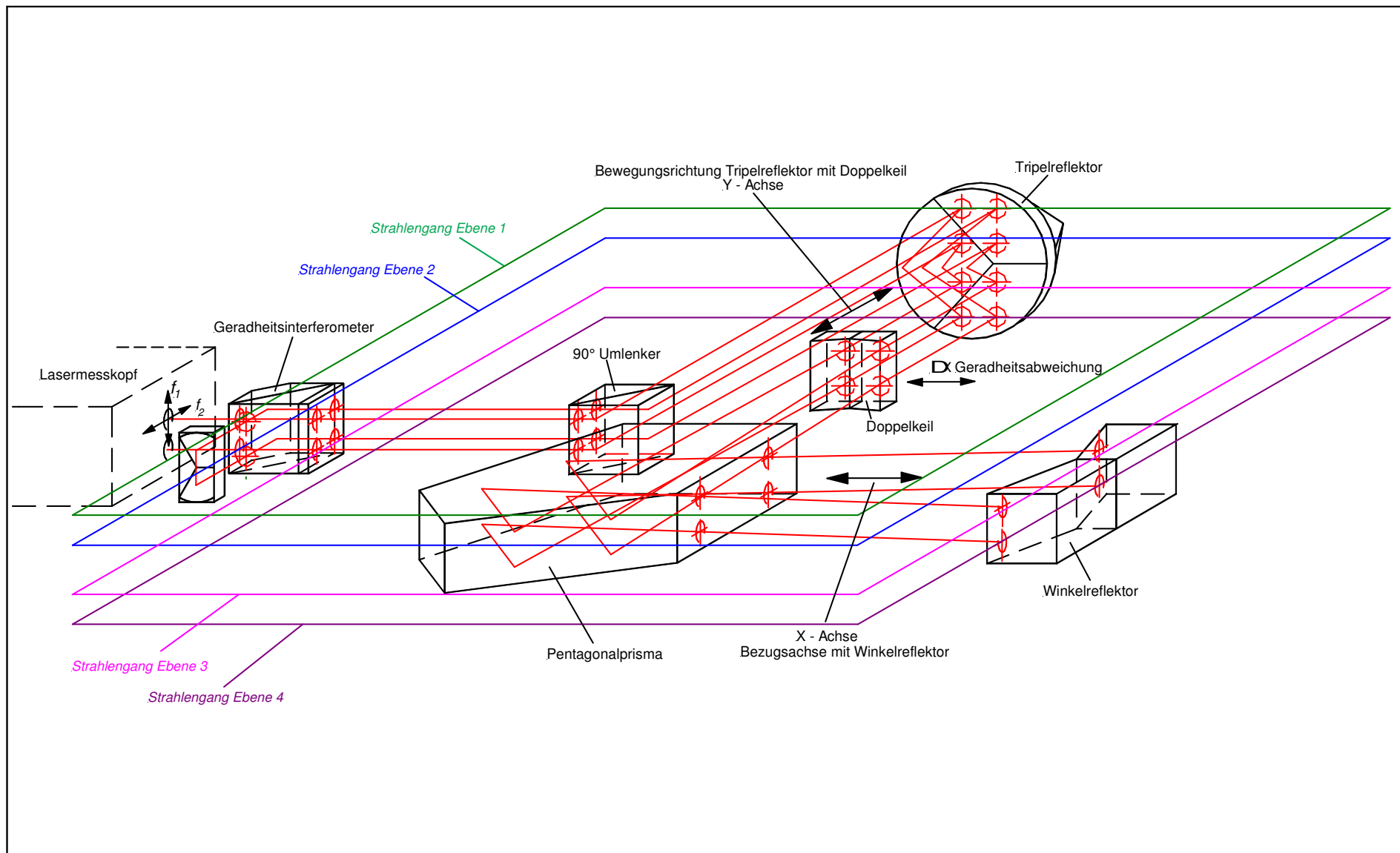
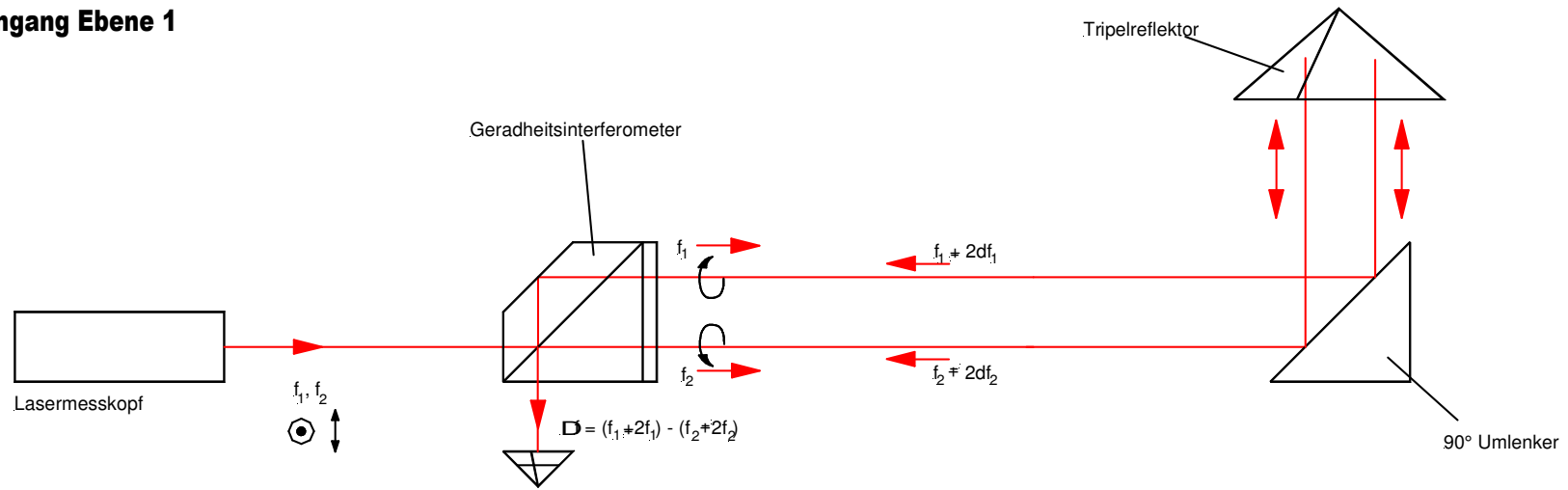


Abb. 3: Optischer Aufbau Rechtwinkligkeitsmessung

### Strahlengang Ebene 1



### Strahlengang Ebene 2

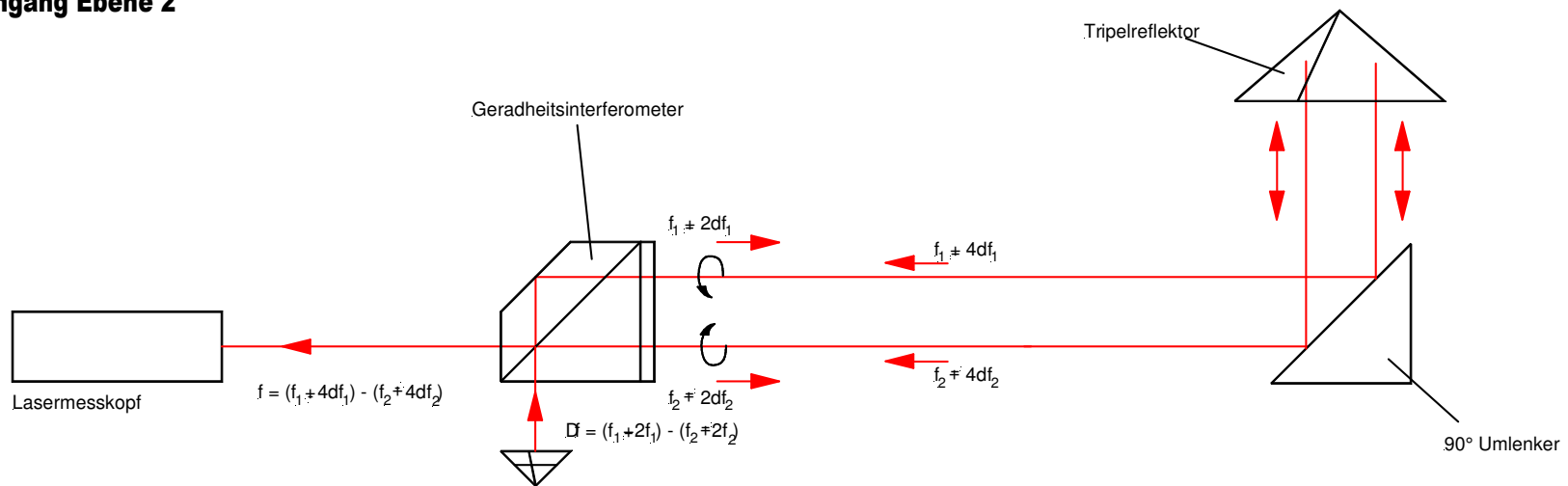


Abb. 4a: Funktionsprinzip Geradheitsinterferometer / Rechtwinkligkeit

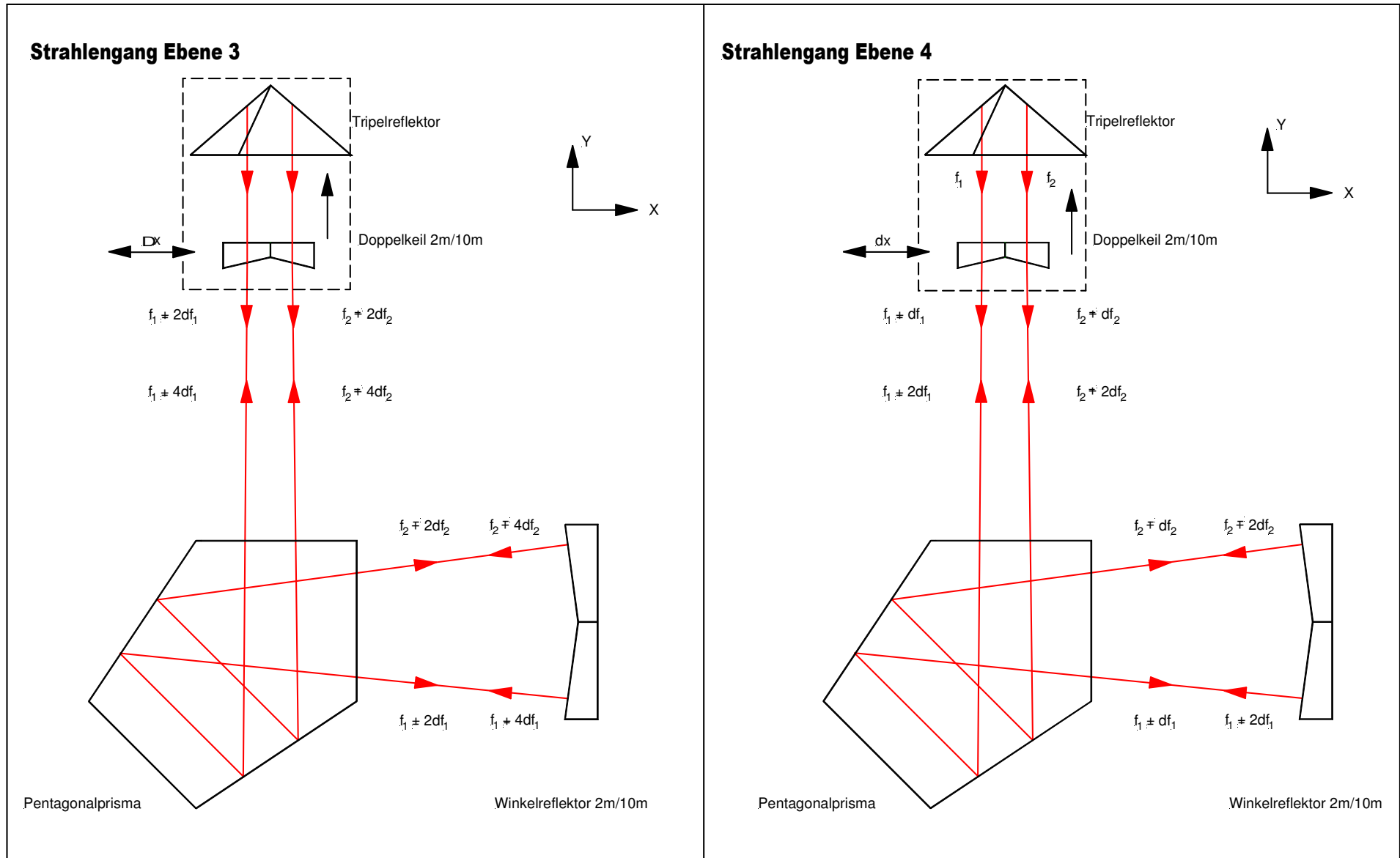
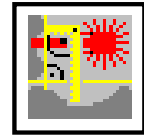


Abb. 4b: Funktionsprinzip Geradheitsinterferometer / Rechtwinkligkeit



## Interferometeranordnung Rechtwinkligkeitsmessung

### Lieferumfang

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

### Rechtwinkligkeitsmessung

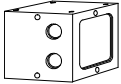
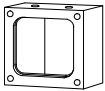
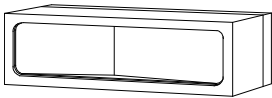
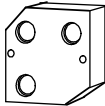

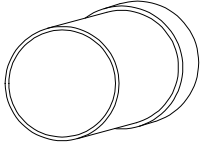
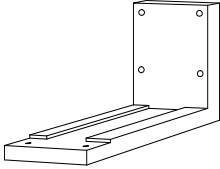
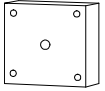
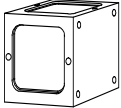
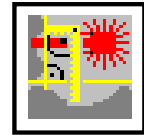
<b>Geradheitsinterferometer 128</b> 269302-4012.824		Anzahl: 1
<b>Doppelkeil 108 bzw. 112</b> 269302- 4010.824 269302- 4011.224		Anzahl: 1
<b>Winkelreflektor 109 bzw. 113</b> 269302-4010.924 269302-4011.324		Anzahl: 1
<b>Wendevorsatz 120</b> 269302-4008.424		Anzahl: 1
<b>Winkelspiegel 111 (Pentagonalprisma)</b> 269302-4011.124		Anzahl: 1
<b>Tripelreflektor 116</b> 269302-4011.624		Anzahl: 1
<b>Haltewinkel 521</b> 269302-4010.425		Anzahl: 1
<b>Säulenanschluss 522</b> 269302-4018.110		Anzahl: 1
<b>90° Umlenkprisma 110</b> 269302-4011.024		Anzahl: 1

Abb. 5a : Optische Komponenten und Montageelemente - Rechtwinkligkeitsmessung (Teil1)



## Interferometeranordnung Rechtwinkligkeitsmessung

### Rechtwinkligkeitsmessung

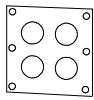
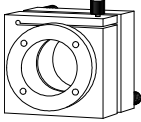
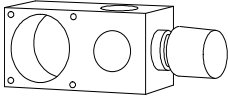
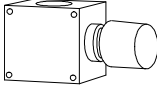
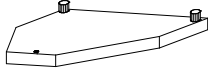
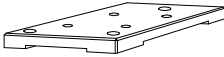
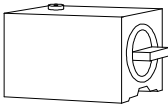




<b>Blende 519</b> 269302-4014.310		Anzahl: 2
<b>Kipphalter</b> 269302-4010.925		Anzahl: 1
<b>Klemmhalter 508</b> 269302-4010.125		Anzahl: 2
<b>Klemmhalter 507</b> 269302-4010.325		Anzahl: 1
<b>Justierplatte</b> 269302-4012.425		Anzahl: 1
<b>Basisplatte 504</b> 269302-4014.410		Anzahl: 2
<b>Magnetreiter</b> 260298-3000.128		Anzahl: 2
<b>Säulenstift 200 / 140 oder 90</b> 260297-9900.128		Anzahl: 2
<b>Schraubensatz</b> 269302-4005.624		Anzahl: 1
<b>Rändelschraube 29</b> 269302-4011.225		Anzahl: 4
<b>Rändelschraube 45</b> 269302-4011.425		Anzahl: 2

Abb. 5b : Optische Komponenten und Montageelemente - Rechtwinkligkeitsmessung (Teil2)



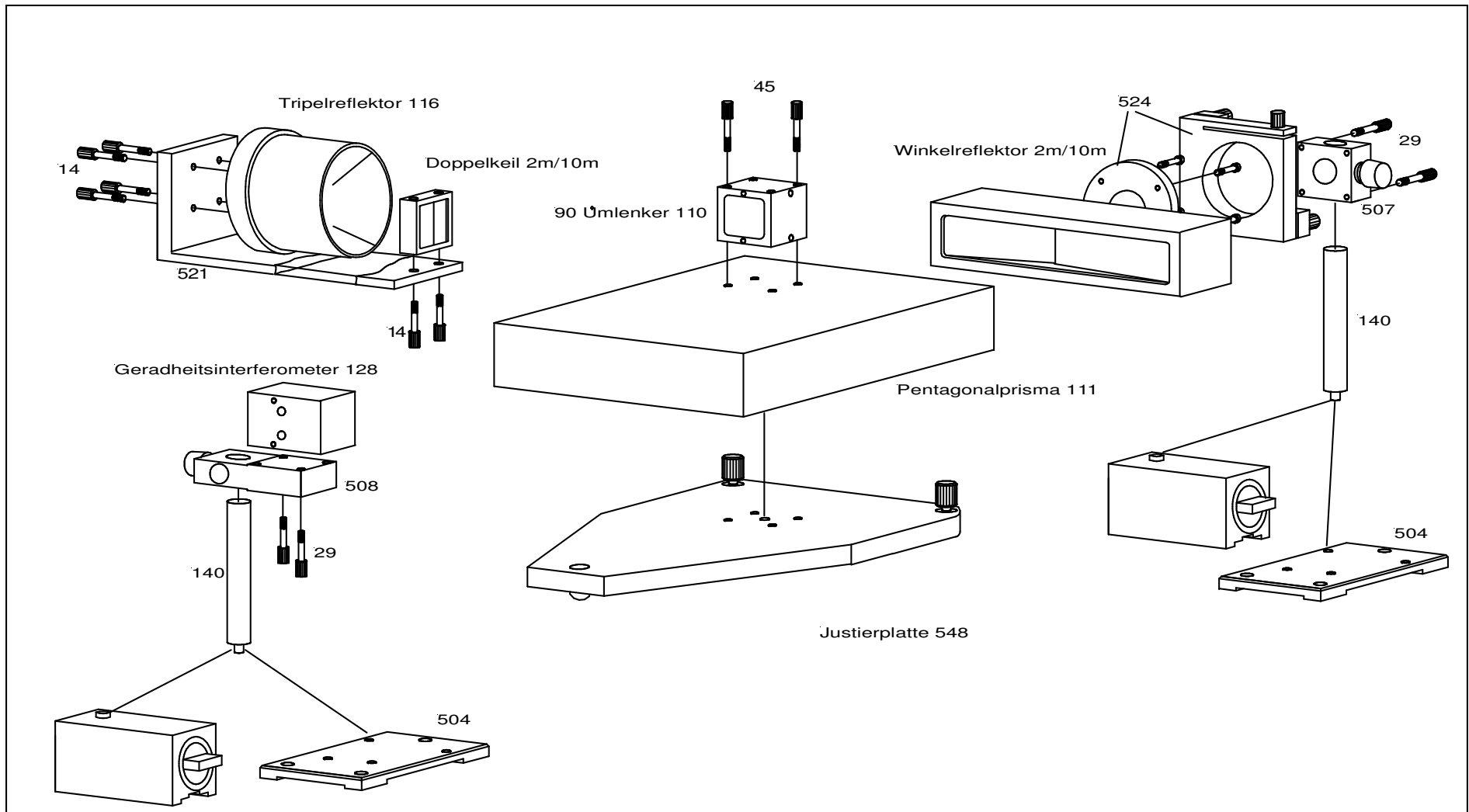


Abb.6: Montagebild Geradheitsinterferometer - Rechtwinkligkeit, horizontaler Aufbau

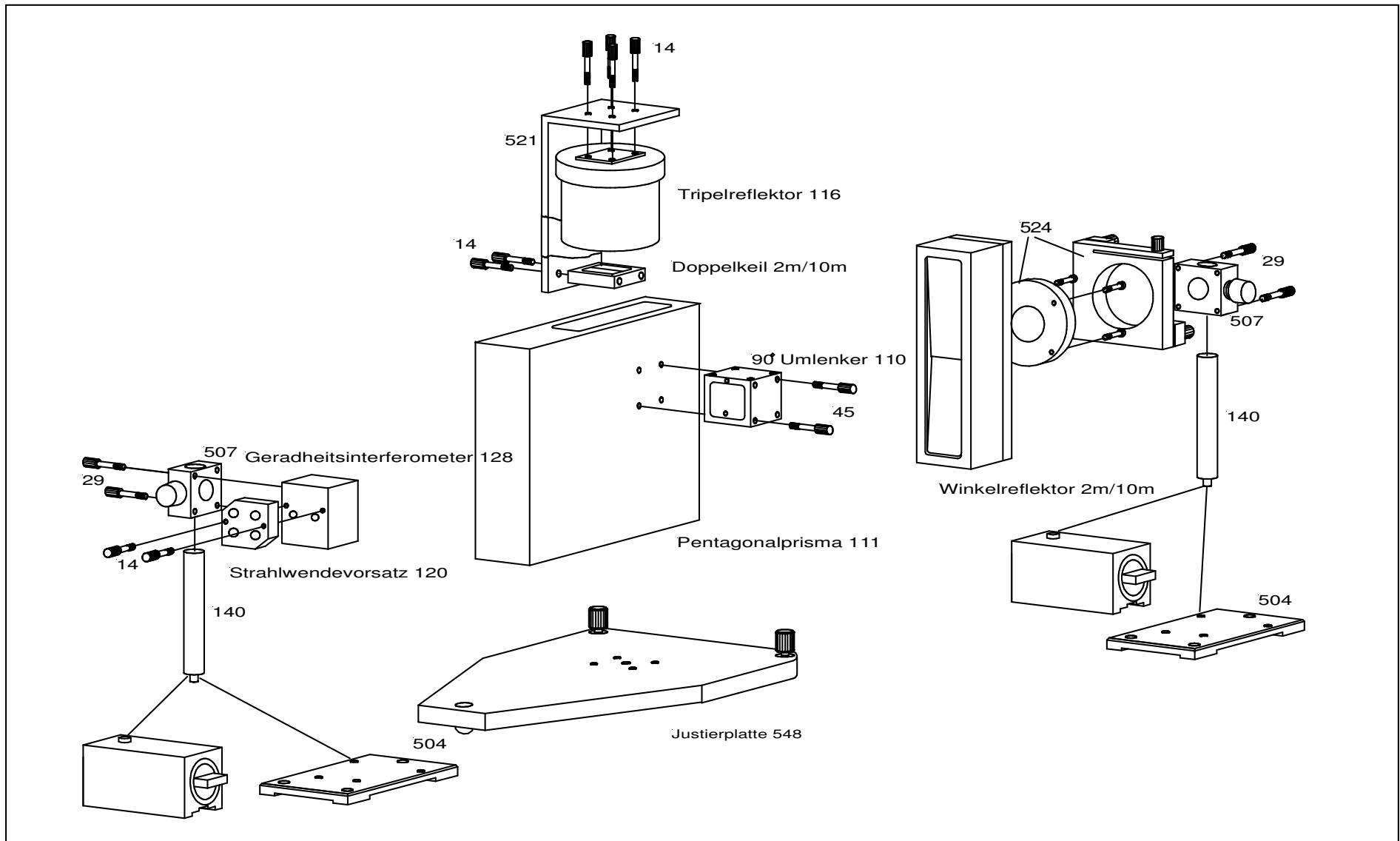
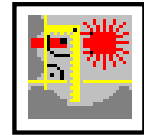


Abb. 7: Montagebild Geradheitsinterferometer - Rechtwinkligkeit, vertikaler Aufbau



## Interferometeranordnung Rechtwinkligkeitsmessung

### Justierablauf

Sind alle Komponenten montiert kann die Justierung beginnen. Die Vorgehensweise sollte für beide Aufbauten (waagerechter, senkrechter Aufbau) in folgenden Schritten erfolgen:

#### 1) Justierung für Geradheitsmessung der Basisachse

entspricht der Beschreibung „Justierung“ im Kapitel Geradheitsmessung Seite E7 bis E11

#### 2) Justierung der dazu rechtwinkligen Achse:

- Der Winkelreflektor bleibt in seiner Lage unverändert.
- Ermittlung eines für die Befestigung des Pentagonalprismas geeigneten Punktes
- Befestigung des Tripelreflektors und des Doppelkeiles am beweglichen Teil des Messobjektes.  
Bsp. Abb.1, Abb.2 Maschinenpinole
- seitliche Versetzung des Lasermesskopfes und Geradheitsinterferometers um 40 mm.
- Orts und Richtungsjustierung des Laserstrahles über Geradheitsinterferometer, 90° Umlenker, Tripelreflektor, Doppelkeil auf den Winkelspiegel



#### Achtung

Bei dieser Justierung können alle Bauelemente **außer dem Winkelspiegel** in ihrer Lage verändert werden.



#### Tipp

*Durch die mehrfache Faltung des Strahlenganges ist dieser Justierschritt besonders aufwendig. Deshalb ist eine sorgfältige Vorbereitung der Geometrie des Aufbaues notwendig bevor mit der Justierung begonnen wird.*

*Zweckmäßig ist die Verwendung zweier Vierstrahl – Blenden 519. Wobei eine am 90° Umlenker und eine am Doppelkeil befestigt werden sollte. Der Tripelreflektor wird so montiert, dass keine Kante den Laserstrahl durchquert (Abb.8).*

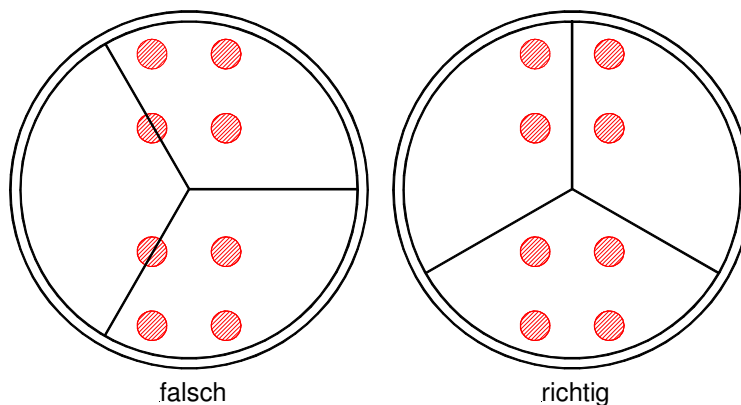


Abb.8: Die Strahlage am Tripelreflektor

#### 3) Überdeckung von Mess- und Referenzstrahl



Die Justierung und Bewertung erfolgt entsprechend dem Kapitel Geradheitsmessung Seite E10 und E11.