

## Interferometeranordnung - Planspiegelinterferometer

### B Planspiegelinterferometer

Das Planspiegelinterferometer des ZLM 700 stellt für viele spezielle linear-messtechnische Aufgaben, die eine höhere Auflösung verlangen, eine optimale Lösung dar.

Bei der Weg-, Geschwindigkeits-, Beschleunigungsmessung besteht die Anordnung aus den optischen Bauelementen, Abb. 1a, b:

#### 1. Variante:

1 Polarisationsstrahlenteiler 101	269302-4010.124
1 Tripelreflektor 102	269302-4010.224
1 Planspiegel 103 (Messspiegel)	269302-4010.324
1 Planspiegel 103 (Referenzspiegel)	269302-4010.324
2 $\lambda/4$ -Platten	269302-4010.424

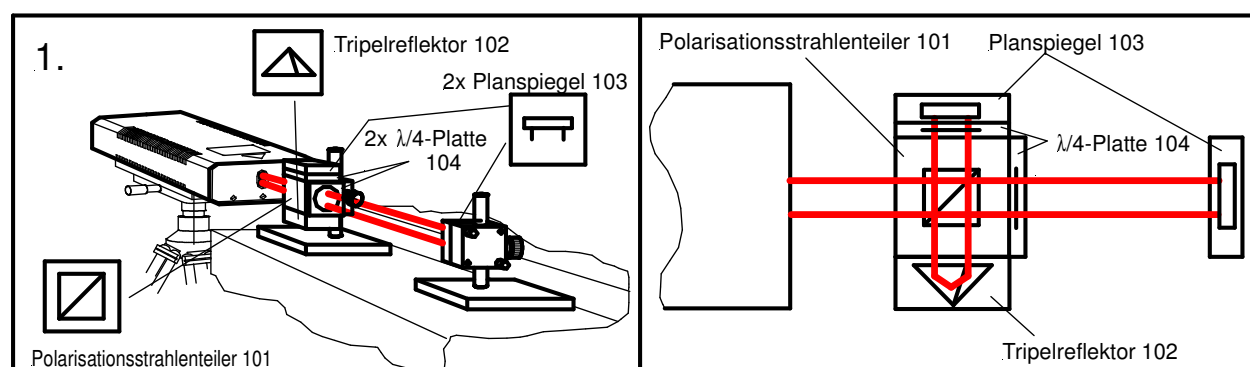
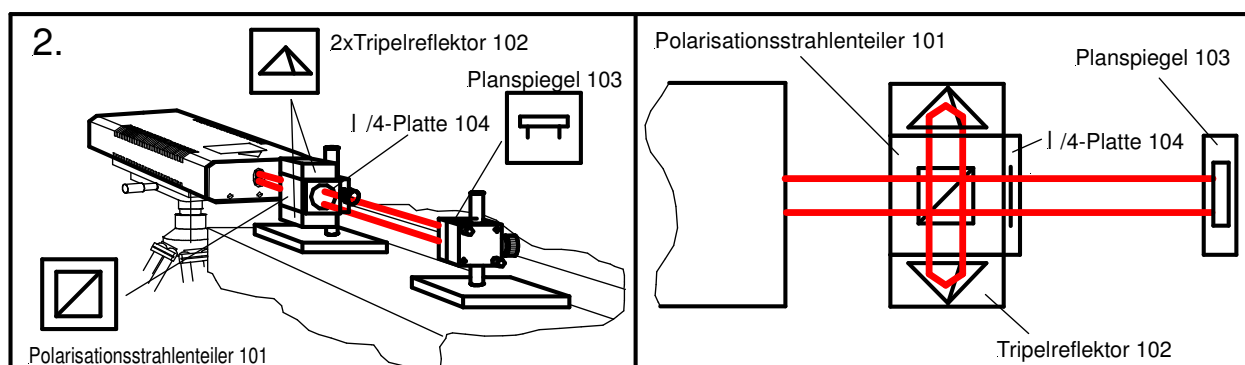


Abb. 1a: Optischer Aufbau Planspiegelinterferometer

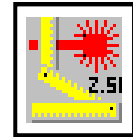
#### 2. Variante

1 Polarisationsstrahlenteiler 101	269302-4010.124
1 Tripelreflektor 102	269302-4010.224
1 Planspiegel 103 (Messspiegel)	269302-4010.324
1 Tripelreflektor 102 (Referenzspiegel)	269302-4010.224
1 $\lambda/4$ -Platten	269302-4010.424



### Funktionsbeschreibung

Der aus dem Lasermesskopf austretende Teilstrahl mit den orthogonal polarisierten Moden der Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  gelangt in die Interferometeranordnung. Der Polarisationsstrahlenteiler spaltet den Lichtstrahl in einen Messstrahl mit der Frequenz  $f_1$  und einem Referenzstrahl mit der Frequenz  $f_2$ . Beide Teilstrahlen, Mess- und Referenzstrahl, werden an den  $\lambda/4$ -Platten in zirkular polarisiertes Licht transformiert. Nach der Reflexion an den Planspiegeln werden die  $\lambda/4$ -Platten wieder durchlaufen, so dass sich eine Drehung der Schwingungsebenen um  $90^\circ$  ergibt. Dadurch wird der Messstrahl  $f_1$  am Polarisationsstrahlenteiler reflektiert und der Referenzstrahl  $f_2$  durchgelassen.



## Interferometeranordnung - Planspiegelinterferometer

Beide Strahlen durchlaufen den Tripelreflektor, werden seitlich versetzt und gelangen wieder über die  $\lambda/4$ -Platten auf den Mess- bzw. Referenzspiegel. Die Schwingungsebenen der reflektierten Strahlen werden nach erneutem Passieren der  $\lambda/4$ -Platten wiederum um  $90^\circ$  gedreht, so dass am Polarisationsstrahlenteiler der Messstrahl  $f_1$  durchgelassen wird und der Referenzstrahl reflektiert wird. Beide Strahlen laufen nun wieder orthogonal polarisiert (durch die Reflexion am Tripelreflektor parallel versetzt) ineinander zurück in den Lasermesskopf.

Durch einen  $45^\circ$  zu den orthogonalen Schwingungsebenen gedrehten Polfilter 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 der Empfänger E1 die Differenzfrequenz des Lasers  $f_1 - f_2 = 640$  MHz, die gleich dem im Laserkopf detektierten Referenzsignal E2 ist. Wird der Messspiegel verschoben, dann erfährt der an ihm reflektierte Teilstrahl gegenüber dem feststehenden Referenzstrahl auf Grund der sich ändernden optischen Weglängen eine Dopplerverschiebung  $\pm df_1$ . Entsprechend detektiert der Empfänger E1 eine Messfrequenz  $(f_1 - f_2) + df_1$  oder  $(f_1 - f_2) - df_1$  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  $\pm df_1$ , die ein Maß für die gesuchte Messspiegelverschiebung ist und dem vierfachen Weg der Verschiebung des Messspiegels entspricht. Der vierfache Weg des Laserstrahles bei Bewegung des Messspiegels im optischen Aufbau ergibt eine Auflösung von  $1,25$  nm.

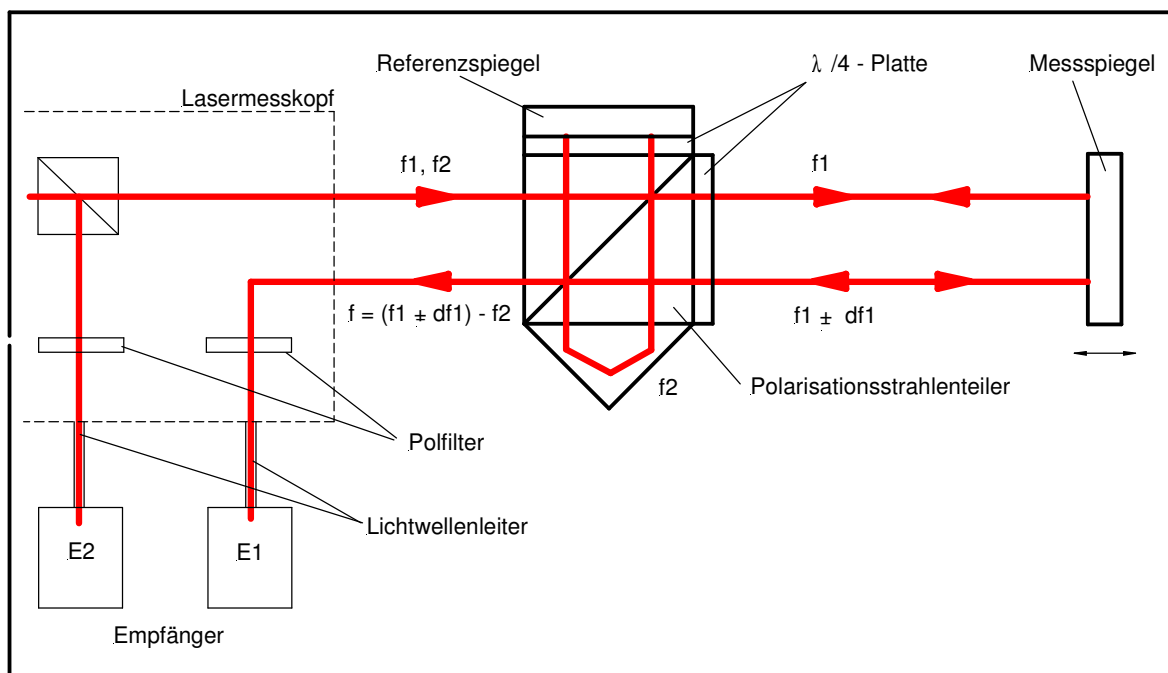


Abb. 2: Funktionsprinzip Planspiegelinterferometer

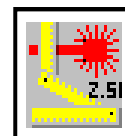
## Montage

Aus Abb. 3 sind die zum Lieferumfang eines Planspiegelinterferometers gehörenden optischen und mechanischen Baugruppen und Komponenten ersichtlich.

Abb. 1 gibt den 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.



**Planspiegelinterferometer (Wegmessung 1,25 nm Auflösung)**

<b>Polarisationsteiler 101</b> 269302-4010.124		Anzahl: 1
<b>Tripelreflektor 102</b> 269302-4010.224		Anzahl: 1 bzw. 2
<b>Planspiegel 103</b> 269302-4010.324		Anzahl: 2 bzw. 1
<b><math>\lambda/4</math>-Platte</b> 269302.4010.424		Anzahl: 2 bzw. 1
<b>Klemmhalter 507</b> 269302-4010.325		Anzahl: 1
<b>Kipphalter 532</b> 269302-4040.625		Anzahl: 1
<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. 3: Optische und mechanische Komponenten - Planspiegelinterferometer

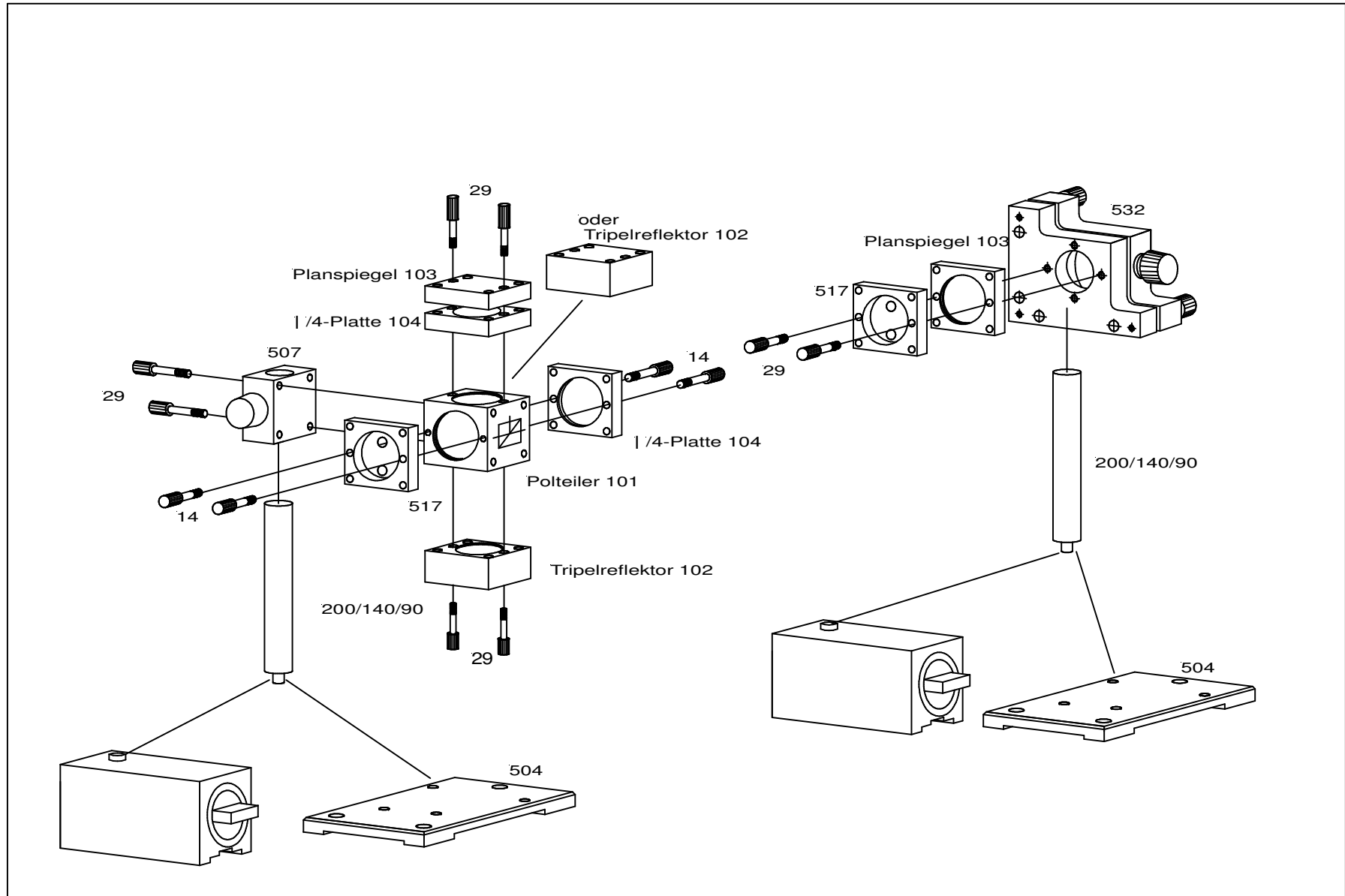


Abb. 4: Montage der optischen und mechanischen Komponenten

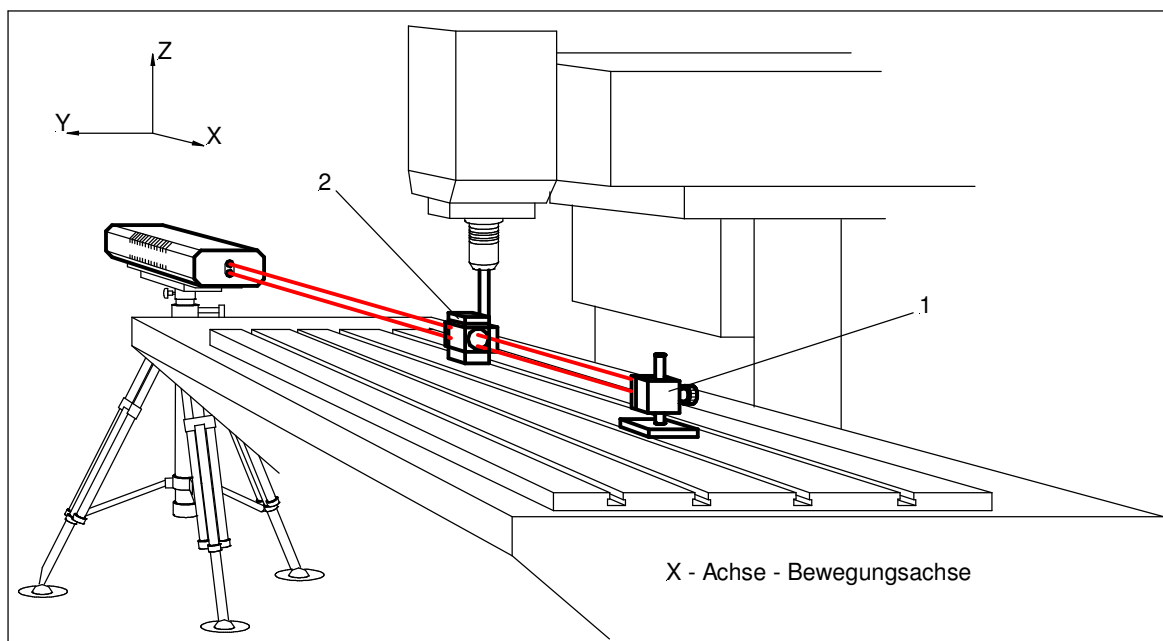


Abb. 5: Messaufbau an einer Werkzeugmaschine

## Justierung

### Ziel der Justierung:

1. Die Richtungsachse des Laserstrahles soll parallel zur zu vermessenden Bewegungsachse liegen.

Der Idealfall wäre, wenn die optische Achse des Meßsystems und die Bewegungsachse des Messobjektes genau in Flucht liegen, (Abbé - Prinzip). Dies ist jedoch nicht immer möglich. Entsprechend Abb. 6 treten beim Planspiegelinterferometer zwei Reflexionen am Planspiegel auf. Die optische Achse ist die Symmetrielinie zwischen den beiden Strahlen (siehe Abb. 7).

2. Messstrahl und Referenzstrahl müssen zur Interferenz gebracht werden. Deshalb müssen diese sich überdecken (siehe Abb. 6).

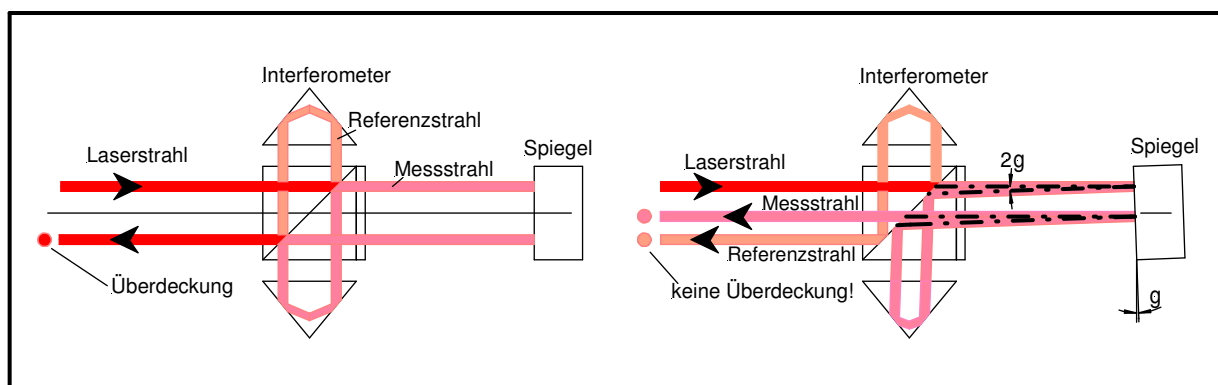


Abb. 6: Überdeckung Meß- und Referenzstrahl

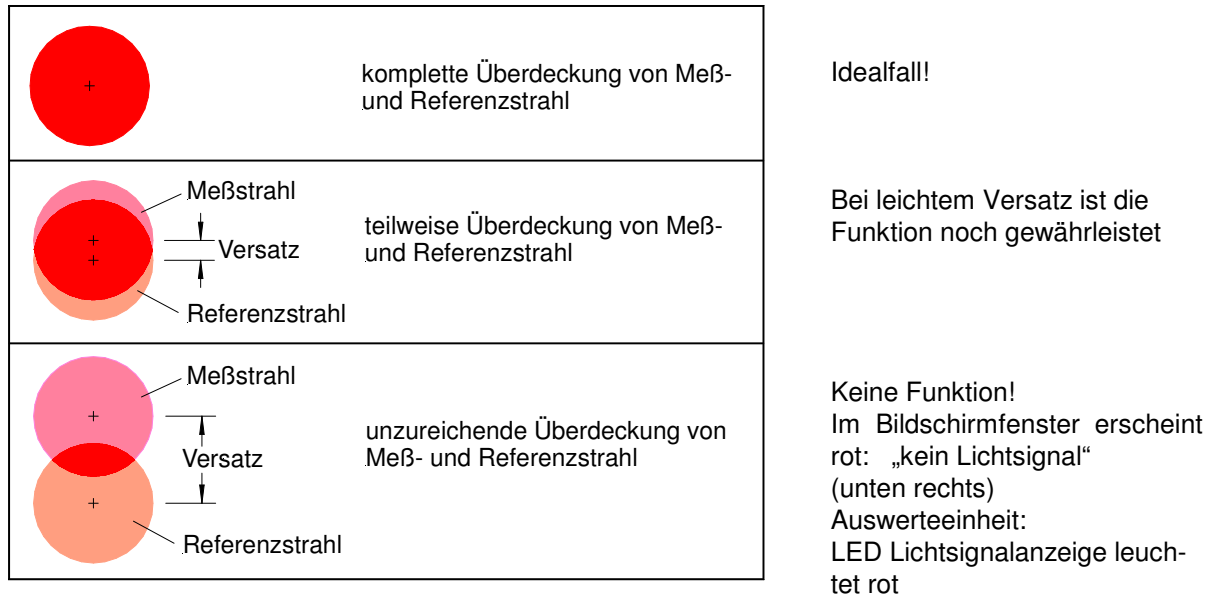
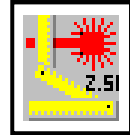


Abb. 7. Grad der Überdeckung

Die Überdeckung lässt sich beobachten. Man verwendet zur Projektion von Meß- und Referenzstrahl einen kleinen Papierstreifen, den man vor das Strahleintrittsfenster des Lasermesskopfes hält.

### Beginn des Aufbaus Lasermesskopf - Interferometer - Planspiegel

Die Vorgehensweise sollte in folgenden Schritten erfolgen:

1. Ermittlung der zu vermessenden Bewegungsachse und eines für die Befestigung der Optik geeigneten Punktes am beweglichen Teil des Messobjektes (1) Abb.5.
2. Bestimmung eines ortsfesten Bezugspunktes zur Flucht der Bewegungsachse (2) Abb.5.
3. Befestigung der Optikkomponenten an den ermittelten Bezugspunkten

Interferometer  
Planspiegel (Messspiegel)

ortsfester Bezugspunkt (2)  
beweglicher Bezugspunkt (1)



#### Achtung

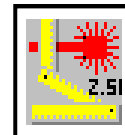
Interferometer und Planspiegel müssen gleichen Abstand zur Messlinie haben!  
Abb. 8 ( $h_1 = h_2$ )

4. Ausrichten des Laserstrahles auf die optische Achse der montierten Optikbaugruppen



#### Tipp

1. Lasermesskopf so nah wie möglich am Interferometer positionieren
2. Planspiegel am entferntesten Punkt vom Interferometer positionieren
3. Kontrolle ob die Stellbereiche für Parallelverschiebung und Winkelkipfung des Justiertisches auf Mittelstellung stehen  $\Rightarrow$  wesentlich für ausreichende Justierwege bei Justierung des Strahlenganges
4. Anbringen einer Justierblende 516 am Planspiegel



## Interferometeranordnung - Planspiegelinterferometer

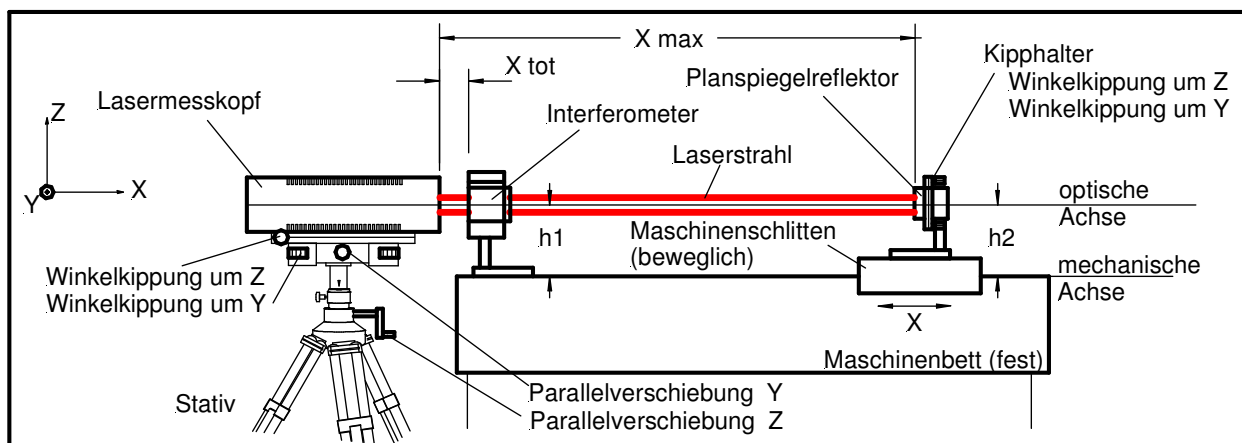


Abb. 8: Messaufbau, optischen Strahlengang, hintere Endlage des Planspiegelreflektors

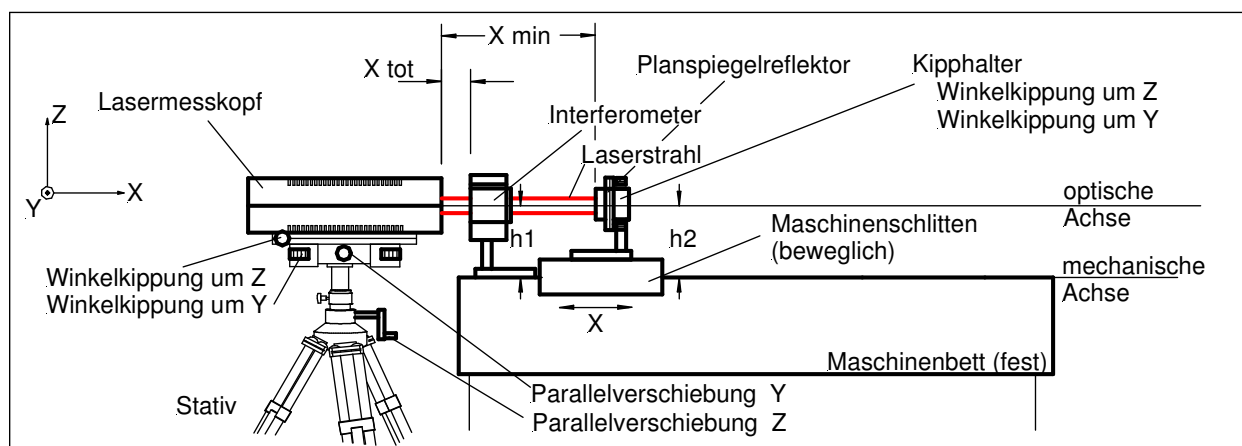


Abb. 9: Vordere Endlage des Planspiegelreflektors

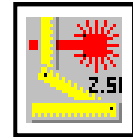
### 5. Verwendung der Justierhilfe des ZLM:

Zur Erleichterung der Justierung enthält der Lasermeßkopf zwei Quadrantendetektoren. Diese bringen die genaue Lage der zurückkommenden Meß- und Referenzstrahlen zur Anzeige. Die Beschreibung des Anzeigefeldes Justierhilfe befindet sich in der Dokumentation Software unter D – Dynamische Software ZLM Weg im Punkt D 3.3 auf Seite D – 12.

Nach Drücken des Knopfes in der Menüleiste des Programms ZLM Weg erscheint das Anzeigefeld Laserjustierhilfe.



Im Ergebnis der Justierung müssen beide roten Kreise auf die „Mitte“ der Strichkreuzte ausgerichtet sein. Während des Fahrweges zwischen vorderer und hinterer Endlage darf es zu keiner Verschiebung der roten Kreise zur Strichkreuzmitte kommen.



## Interferometeranordnung - Planspiegelinterferometer



### Achtung

„Mitte der Einstellung“: Bei sehr genauer Mitteneinstellung kann es vorkommen, daß vom Planspiegelreflektor reflektiertes Licht in das Laserrohr gelangt und auf die Regelung der Wellenlänge rückkoppelt.

**Maßnahme:** Leicht außer Mitte justieren (siehe Abb.10)

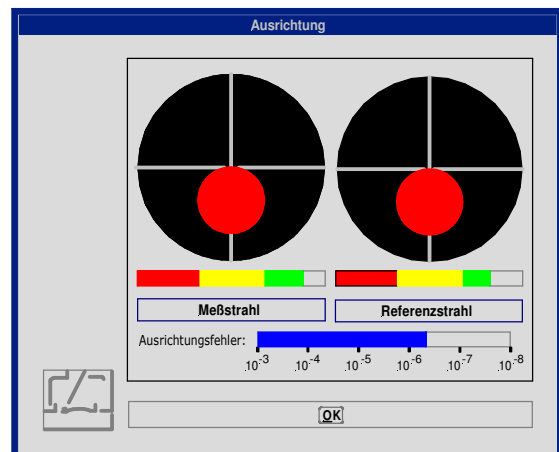
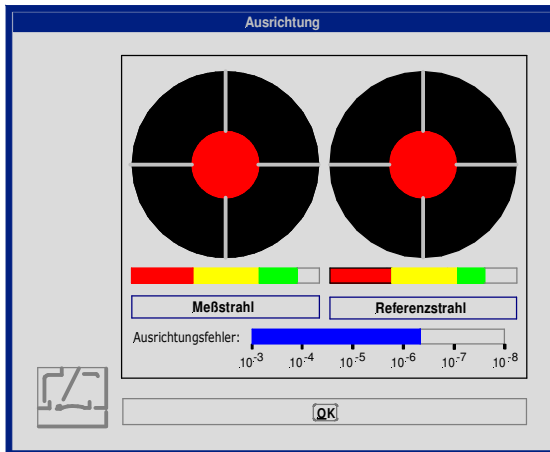


Abb.10: Genaue Mitteneinstellung des Messstrahles kann beim Planspiegelinterferometer zu Rückkopplungen führen.

Zur Vermeidung von Rückkopplungen auf die Regelung der Wellenlängenstabilität, leicht unterhalb der Mitteneinstellung justieren. (In der Abb. ist etwa die maximale Ablage dargestellt)

### Reihenfolge der Justierung:

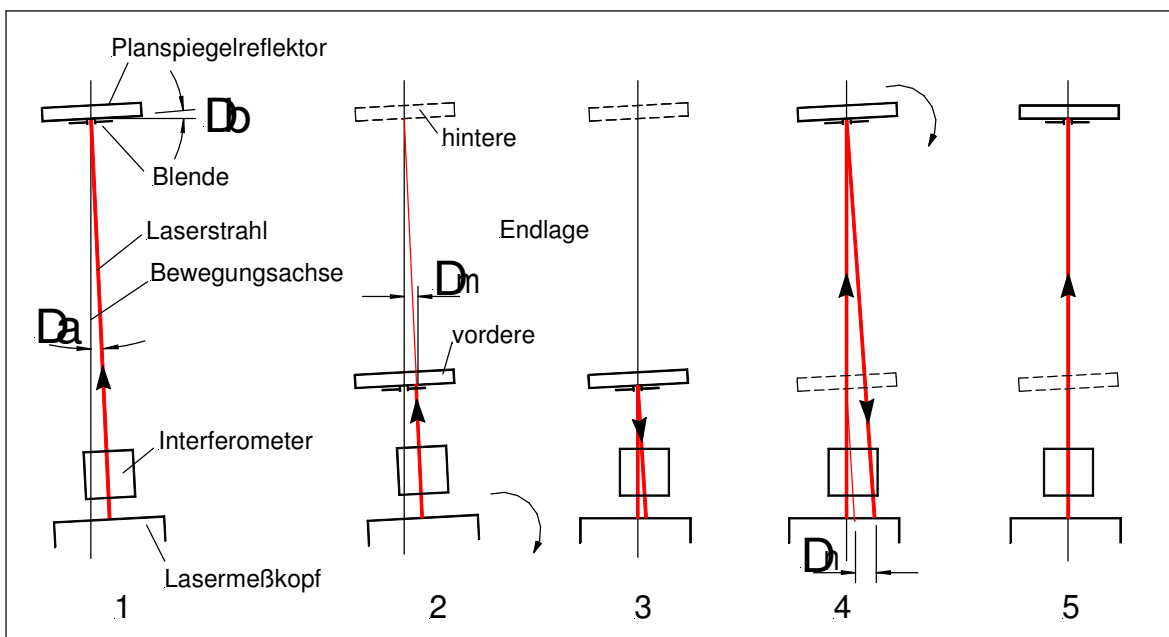
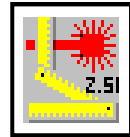


Abb. 11: Justierung des Strahlenganges





### 1. Parallelstellen des Laserstrahles zur Führungsrichtung (Abb. 11):

- Entsprechend Fig.1 Abb.11 kann der Laserstrahl um den Winkel  $\Delta\alpha$  zur Bewegungsachse verkippt sein. Der Winkel  $\Delta\alpha$  besitzt die Komponenten  $\Delta\alpha_Y$  und  $\Delta\alpha_Z$ , das entspricht einer Verkipfung des Laserstrahles um die Y- und Z-Achse (Abb. 8 und 9).
- Fig. 2 und 3 Abb. 11: Es erfolgt Wechseln zwischen hinterer und vorderer Endlage und Beobachtung der Lage des Laserfleckes auf der Blende. Dieser wandert um  $\Delta m$ . Durch Kippen des Lasermesskopfes um die Y- und Z-Achse und Parallelverschiebung in Y- und Z- Richtung wird die Winkelablage  $\Delta\alpha$  beseitigt.



#### Tipp

Diese Justierung kann nur schrittweise annähernd (iterativ) erfolgen. Es sollte abwechselnd Kippen und Parallelverschieben durchgeführt werden um jeweils den halben Betrag der Ablage. In der vorderen Endlage (kurzer Abstand) parallelverschieben, in der hinteren Endlage (langer Abstand) kippen.

- Parallelität ist erreicht, wenn der Fleck zwischen vorderer und hinterer Endlage nicht mehr wandert, d.h.  $\Delta m$  ist 0. (Fig, 3 und 4)

### 2. Justierung der Überdeckung (Abb. 11):

- Entsprechend Fig. 1 Abb. 11 kann der Planspiegelreflektor um den Winkel  $\Delta\beta$  zur Bewegungsachse verkippt sein.
- Es erfolgt Wechseln zwischen hinterer und vorderer Endlage und Beobachtung der Lage des roten Kreises im Anzeigefeld Justierhilfe. (entspricht der Ablage  $\Delta n$  in Fig. 4 Abb. 11) Durch Kippen des Planspiegelreflektors um die Y – und Z – Achse wird die Ablage  $\Delta n$  zu 0 gebracht.
- Maximale Überdeckung ist erreicht, wenn die roten Kreise in der Mitte stehen und der Kreis der Messachse beim Wechseln zwischen vorderer und hinterer Endlage nicht mehr wandert, d.h.  $\Delta n$  ist 0. (Fig.5 Abb. 11)

### 3. Vermeidung von Rückkopplungen:

- Danach den Planspiegel in der hinteren Endlage entsprechend Abb. 10 etwas aus der Strichkreuzmitte stellen zur Vermeidung von Rückkopplung.

Damit ist die Justierung beendet, und es kann mit den Messungen begonnen werden.