

H Kalibriersoftware „ZLM Winkel / Geradheit und Ebenheit“

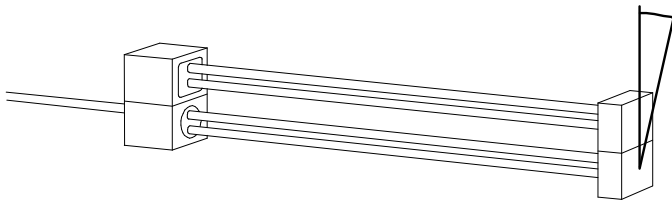
Für die Bestimmung von Winkelabweichungen und Geradheitsabweichungen bei Koordinatenmeßmaschinen wurde vom „Verein Deutscher Ingenieure“ die Richtlinie „VDI/VDE 2617“ herausgegeben. Mit den beiden Meßprogrammen „ZLM Winkel“ und „ZLM Geradheit“ können Koordinatenmeßmaschinen nach dieser Richtlinie abgenommen werden. Für Geradheitsmessungen an Werkstücken gibt es weiterhin die Richtlinie „ISO 1101“. Bei Messungen mit dem Programm „ZLM Geradheit“ wird die Kenngröße „Geradheit“ auch entsprechend dieser Richtlinie bestimmt. Mit dem Programmteil „ZLM Geradheit“ ist auch die Messung von Rechtwinkligkeits- und Parallelitätsabweichungen möglich.

Die beiden Meßprogramme „ZLM Winkel“ und „ZLM Geradheit“ werden zusammen vertrieben und haben bezüglich ihrer Bedienung mehr Gemeinsamkeiten als Unterschiede, so daß sie hier gemeinsam beschrieben werden. Im Normalfall verwenden die Anwender der Meßprogramme „ZLM Winkel“ und „ZLM Geradheit“ auch das Meßprogramm „ZLM Position“. Dieses Meßprogramm wurde im Abschnitt „G Kalibriersoftware „ZLM Position““ bereits beschrieben. Auch mit diesem Programm bestehen sehr viele Gemeinsamkeiten. An den entsprechenden Stellen wird deshalb auf den Abschnitt „G“ verwiesen.

H 1 Meßverfahren

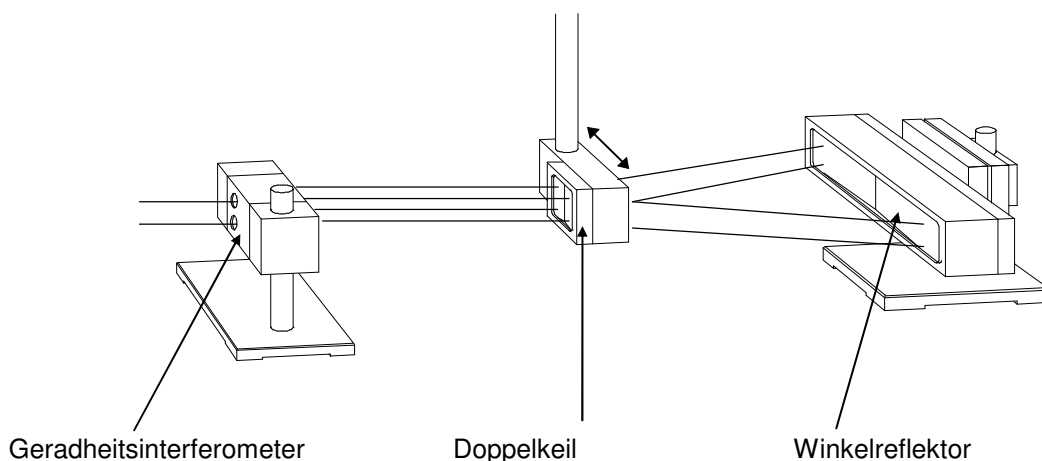
H 1.1 Winkelmessung

Bei der Winkelmessung werden die beiden, vom Polarisationssteiler getrennten Laserstrahlanteile auf einen Doppelreflektor gerichtet. Einer der Strahlanteile muß dabei umgelenkt werden. Die Wegdifferenz, der beiden Strahlanteile wird für die Berechnung des Winkels verwendet.



H 1.2 Geradheitsmessung

Bei der Geradheitsmessung werden spezielle Optikkomponenten verwendet.

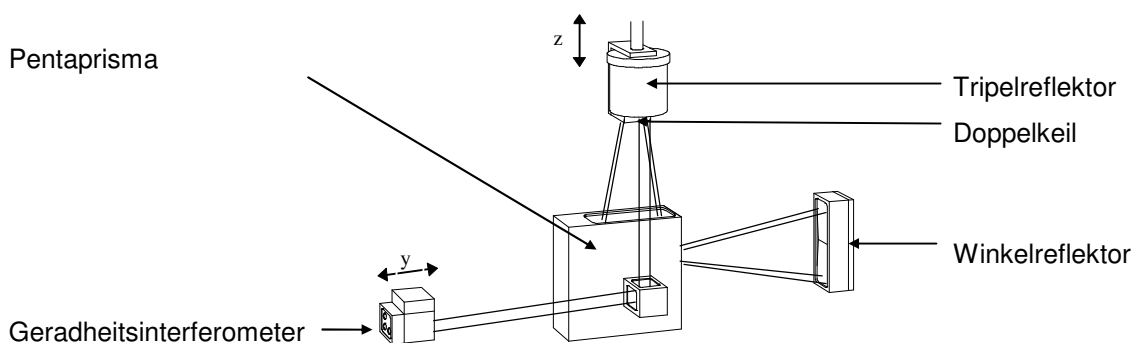


Eine Verschiebung des Doppelkeils (horizontale Verschiebung im Fall der Abbildung) bewirkt eine Änderung im optischen Lichtweg der beiden Strahlanteile, die vom Geradheitsinterferometer getrennt wurden.

Wie bei der Bestimmung der Positionsunsicherheit werden bei der Messung rotatorischer Abweichungen und der Messung der Geradheitsabweichung entlang einer Linie, die dem Verlauf des Laserstrahls entspricht, mehrere Meßpositionen sowohl aus der einen als auch aus der anderen Richtung angefahren. Das Programm erwartet dabei eine Positionierfolge nach dem Linearverfahren (vgl. Abschnitt „G 1.2 Positionierverfahren“). Vom Programm wird auch das unidirektionale Linearverfahren unterstützt. Dieses Verfahren wird aber in der Richtlinie „VDI/VDE 2617“ nicht berücksichtigt.

Nach der „VDI/VDE 2617“ müssen rotatorische Abweichungen und Geradheitsabweichung für jede Koordinatenrichtung auf einer Meßlinie etwa in der Mitte des räumlichen Meßbereichs erfaßt werden. Dabei müssen mindestens 11 Meßpositionen pro Meßlinie verwendet werden. Diese Positionen müssen über den gesamten Meßbereich verteilt sein und unterschiedliche Abstände voneinander haben.

Bei der Messung der Rechtwinkligkeitsabweichung wird zunächst eine Geradheitsmessung bezüglich einer Meßachse vorgenommen. Anschließend werden die Strahlen mit einem Pentaprisma um sehr genau 90° umgelenkt und eine Geradheitsmessung bezüglich der zweiten (senkrecht auf der ersten stehenden) Meßachse durchgeführt.

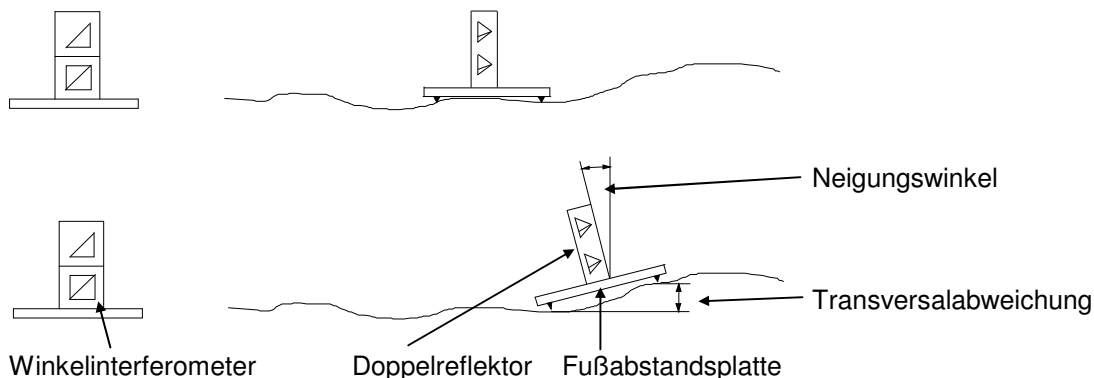


H 1.3 Parallelitätsmessung

Eine Parallelitätsmessung kann mit zwei Pentaprismen durchgeführt werden. Auch hier wird zunächst eine Geradheitsmessung bezüglich einer Meßachse vorgenommen. Anschließend werden die Strahlen mit zwei Pentaprismen versetzt, und es wird eine Geradheitsmessung bezüglich der zweiten Meßachse vorgenommen.

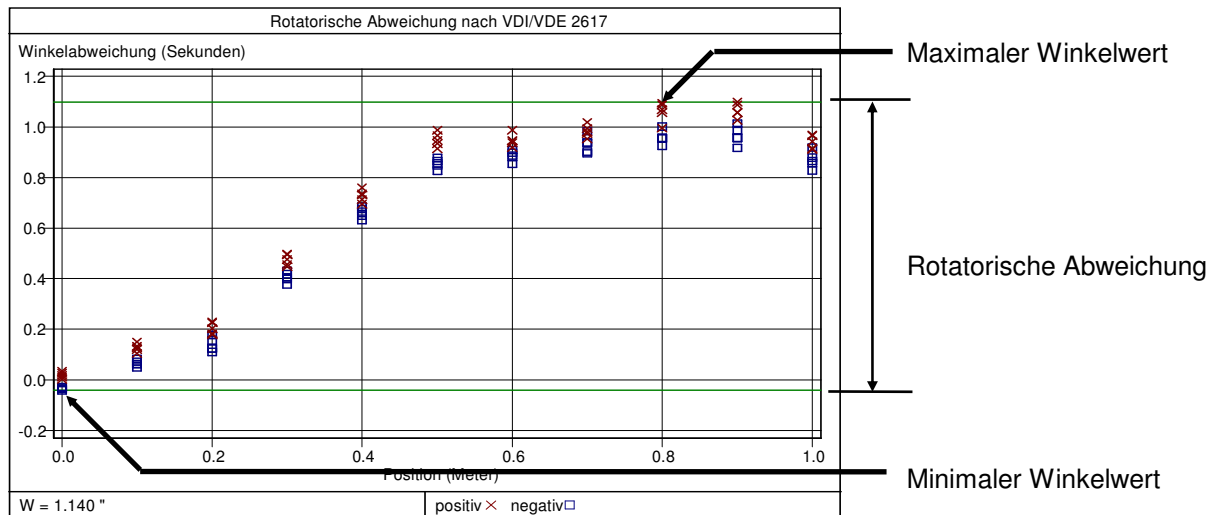
H 1.4 Ebenheitsmessung

Mit dem 2. Verfahren kann eine Geradheitsmessung an Werkstücken mit Hilfe der Winkeloptik und einer Fußabstandsplatte durchgeführt werden. Ein Doppelreflektor wird auf eine solche Platte montiert und fortlaufend um den Abstand der beiden Auflagepunkte der Fußabstandsplatten verschoben. Aus den gemessenen Winkeln wird vom Programm die transversale Abweichung bestimmt.



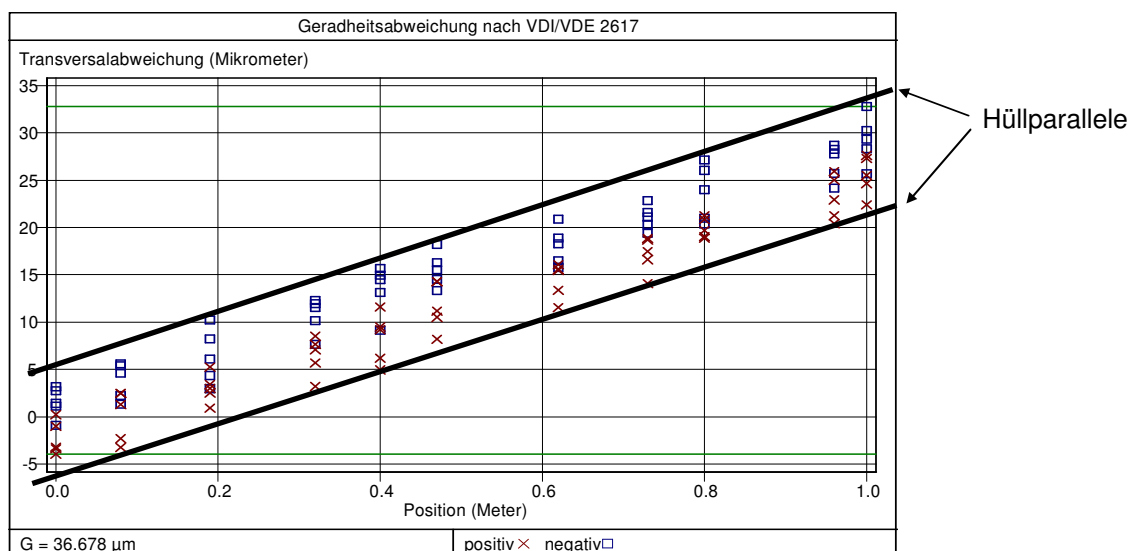
H 2 Kenngrößen

Bei einer Winkelmessung wird eine Anzahl von Winkeln für jede Meßposition aufgenommen. Als „**Rotatorische Abweichung R**“ versteht man die Differenz vom Winkel mit dem größten Wert und dem Winkel mit dem kleinsten Wert. Dabei werden alle Winkelwerte unabhängig von der Meßposition und Anfahrtrichtung betrachtet.

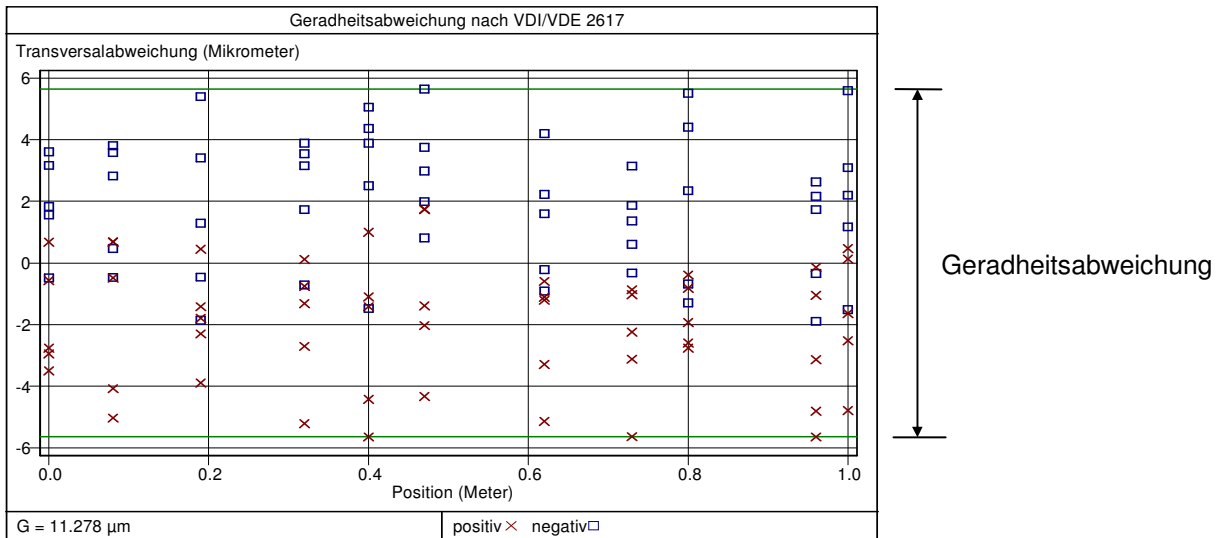


Bei einer Geradheitsmessung ist i.A. der Laserstrahl nicht exakt in Richtung der Meßachse ausgerichtet. Dies hat sehr große Abweichungen zur Folge, wenn man die Differenz von Maximal- und Minimalwert als Kenngröße definieren würde .

Die „**Geradheitsabweichung G**“ wird deshalb als Abstand zweier paralleler Geraden mit der Eigenschaft definiert, daß zwischen den Geraden alle Meßpunkte liegen und die Geraden dabei minimalen Abstand haben. Im Programm werden diese Geraden als „Hüllparallele“ bezeichnet.



Im Programm werden beim Hüllparallelenangleich alle Meßwerte so transformiert, daß die beiden Geraden anschließend parallel zur Ordinatenachse verlaufen.



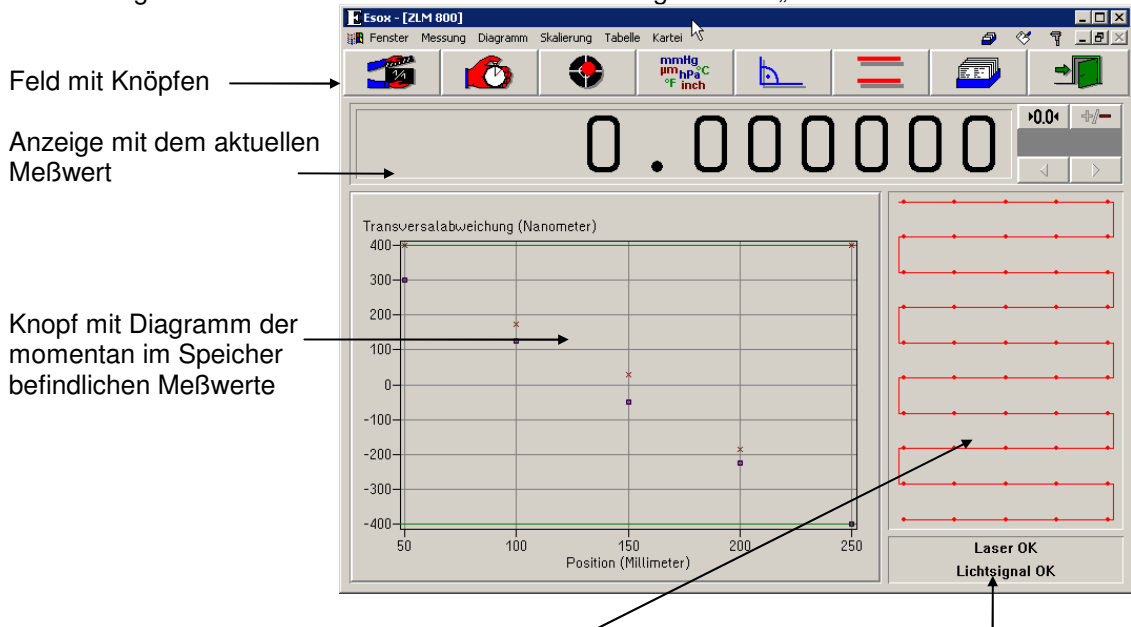
Das Programm bietet auch einen Quadratmittelangleich, bei dem eine Gerade bestimmt wird, bei der die Summe der Quadrate des Abstands von dieser Gerade minimal ist. Auch hier wird anschließend eine Transformation durchgeführt, so daß die Gerade parallel zur Ordinatenachse verläuft. Die Differenz von Maximum und Minimum ist hier aber stets größer oder gleich der Differenz von Maximum und Minimum beim Hüllparallelenangleich.

H 3 Bedienung der Programmteile "Winkel / Geradheit und Ebenheit"

Die Programmteile werden genauso gestartet, wie der Programmteil „ZLM Position“ (siehe G 3.1 Start des Programmteils "Positionsunsicherheit" und C 3 Starten von Meßprogrammen).

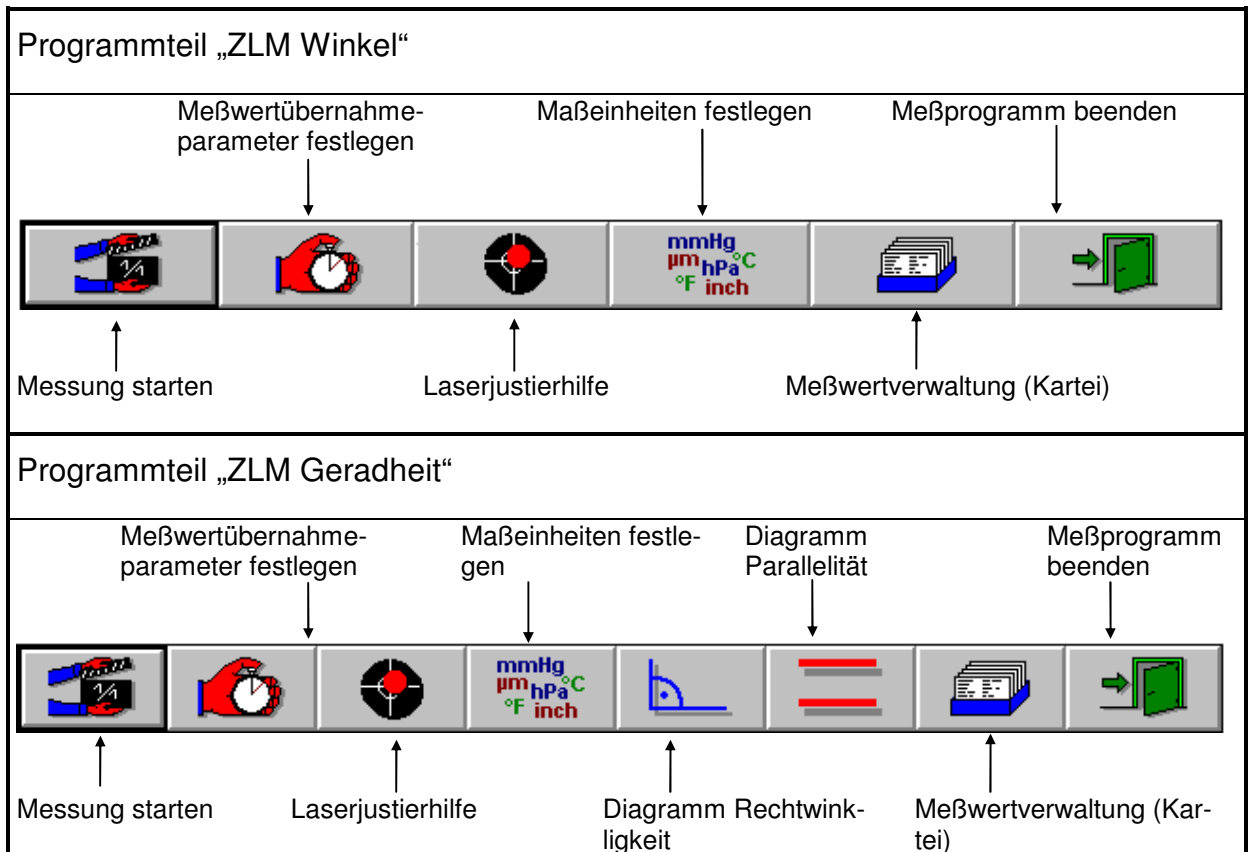
H 3.1 Bildschirmfelder

Auch bezüglich der Bildschirmfelder bestehen zum Programmteil „ZLM Position“ kaum Unterschiede.



Anzeige der Anzahl der sich momentan im Speicher befindlichen Meßwerte und des Positionierverfahrens

Anzeige für Laserstabilität und die Lichtleistung



Die Bedienung der Meßwertanzeige und die Wahl der Maßeinheiten erfolgt wie beim Programmteil „ZLM Position“.

H 3.2 Vorbereitung einer Messung

Bei Messungen von rotatorischen Abweichungen und Geradheitsabweichungen ist eine Kompensation der Umgebungseigenschaften und der Materialeigenschaften mit dem Programm nicht möglich. Ihr Einfluß auf das Meßergebnis ist so gering, daß eine Kompensation keine Verbesserung der Meßergebnisse liefert.

Über den Menüpunkt "Messen - Einstellungen" oder den



- Knopf erreichen Sie bei beiden Programmteilen das Dialogfeld „Parameter“.

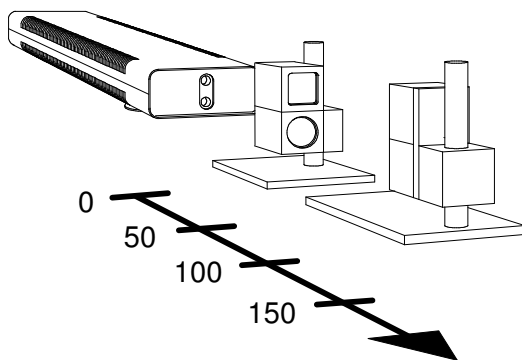
H 3.2.1 Vorbereitung einer Winkelmessung

Bei der Winkelmessung wird nur das Linearverfahren und das unidirektionale Linearverfahren unterstützt.

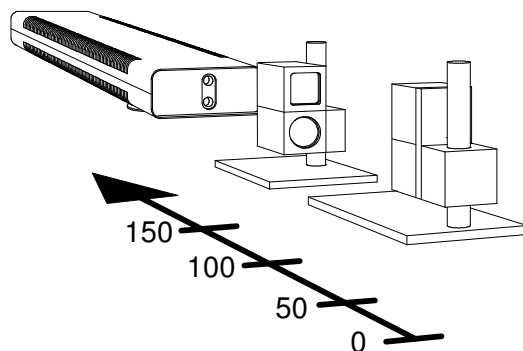
Die Festlegung der Positionen für die Verfahren erfolgt wie beim Programmteil „ZLM Position“.

Das Laserwegmeßsystem ZLM 500 arbeitet mit einem Hochfrequenz-Heterodynverfahren. Bei diesem Verfahren ist für eine genaue Winkelmessung (< 7 Sekunden / Meter) die Information über die Lage der Meßachse relativ zum Laserstrahl notwendig, da das Programm dementsprechend eine Korrektur vornehmen muß.

Nummer	Position (Millimeter)
1	0.000000
2	0.000000
3	0.000000
4	0.000000
5	0.000000



Achs- / Strahlrichtung parallel



Achs- / Strahlrichtung antiparallel

Der Zeitpunkt der Meßwertübernahme kann durch die **Leertaste** der Computertastatur oder durch ein externes Signal vorgegeben werden. Die Auswahl wird im Listefeld „**Meßwertübernahme**“ getroffen.

Es wird empfohlen mit einer zeitlichen Mittelung zu arbeiten um Schwingungen herauszufiltern. Wählen Sie im Listefeld „**Zeitliche Mittelung**“ die Mittelungszeit etwas kleiner als die zu erwartende Stillstandszeit des Meßobjekts.

Nummer	Position (Millimeter)
1	0.000000
2	0.000000
3	0.000000
4	0.000000
5	0.000000

Eine automatische Meßwertübernahme und die Erkennung von Fehlern bei der Positionierfolge ist nicht möglich, da dem Programm keine Positionsinformation zur Verfügung steht.

H 3.2.2 Vorbereitung einer Geradheits- bzw. einer Ebenheitsmessung

Zunächst muß festgelegt werden, ob mit der Geradheitsoptik oder mit der Winkeloptik und Fußabstandsplatten gemessen werden soll.

Bei der Verwendung der Geradheitsoptik werden Positionierverfahren und Meßpositionen wie bei einer Positions- oder Winkelmessung eingegeben.

Nummer	Position (Millimeter)
1	50.000000
2	100.000000
3	150.000000
4	200.000000
5	250.000000

Bei der Verwendung der Winkeloptik werden die Meßpositionen durch die Wahl der Fußabstandsplatten bestimmt.

Wie bei einer „normalen“ Winkelmessung muß auch hier die Lage der Meßachse relativ zum Laserstrahl angegeben werden.

Nummer	Position (Millimeter)
1	50.000000
2	100.000000
3	150.000000
4	200.000000
5	250.000000

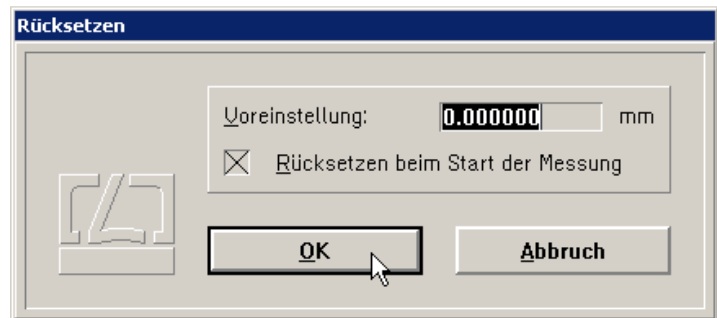
Die Einstellmöglichkeiten der Meßwertübernahme und der zeitlichen Mittelung unterscheiden sich nicht von denen bei der Winkelmessung.

H 3.3 Durchführung einer Messung

Die Bedienung der Programmteile „ZLM Geradheit“ und „ZLM Winkel“ bei einer Messung erfolgt ähnlich wie die Bedienung des Programmteils „ZLM Position“ bei einer Messung (siehe Abschnitt „G 3.5 Durchführung einer Messung“). Deshalb werden hier nur die Unterschiede zum Programmteil „ZLM Position“ beschrieben.

Für Winkel- und Geradheitsmessungen ist keine Totstreckenkompensation möglich und notwendig.

Im Dialogfeld „Rücksetzen“ entfallen deshalb die entsprechenden Eingabefelder.



Werden bei einer Winkelmessung große Winkelabweichungen erwartet ($> 1^\circ$), so achten Sie bitte darauf, daß die Reflektoren zum Zeitpunkt des Rücksetzens senkrecht zur Meßachse stehen, da das Programm den Winkel mit trigonometrischen Funktionen bestimmen muß.

Während der Messung werden nur zwei zusätzliche Anzeigen eingeblendet (Zielposition und maximale Abweichung bei den bisher aufgenommenen Meßwerten). Die aktuelle Abweichung kann an der großen Anzeige abgelesen werden.

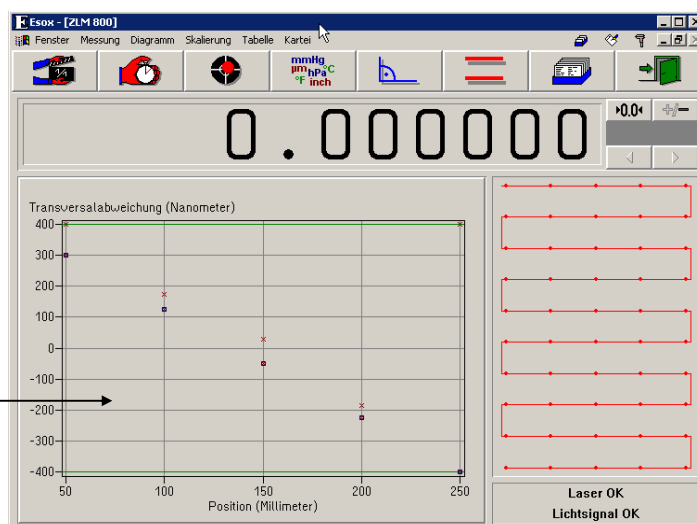
Die Einhaltung der Positionierfolge kann von den Programmen nicht überprüft werden. Als Ursachen für Unterbrechungen einer Messung bleiben folgende Ereignisse:

1. Der Laser ist instabil oder wird während der Messung instabil.
2. Die Lichtleistung am Empfänger ist zu gering oder wird während der Messung zu gering.

Auch bei Winkel- und Geradheitsmessungen ist ein Weitermessen nach einem Fehler mit Anschluß des Anzeigewerts an die bisher aufgenommenen Meßwerte möglich.

H 3.4 Auswertung einer Messung

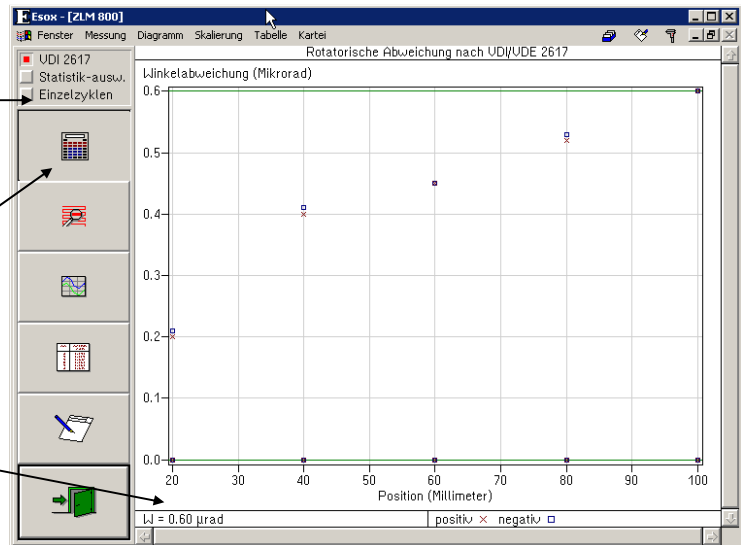
Wie beim Programmteil „ZLM Position“ wird die Diagrammdarstellung über den großen Knopf im linken unteren Bildschirmbereich oder mit dem Menüpunkt „Diagramm-Diagramm“ bei der Winkelmessung bzw. „Diagramm-Geradheit“ bei der Geradheitsmessung gestartet.



Der linke obere Bereich der Bildschirmdarstellung unterscheidet sich bei den Programmteilen „ZLM Winkel“ und „ZLM Geradheit“.

Beim Programmteil „ZLM Winkel“ kann hier in einem Auswahlfeld zwischen der „VDI 2617“ - konformen Diagrammdarstellung, einer statistischen Auswertung und der Darstellung der einzelnen Meßwerte gewählt werden.

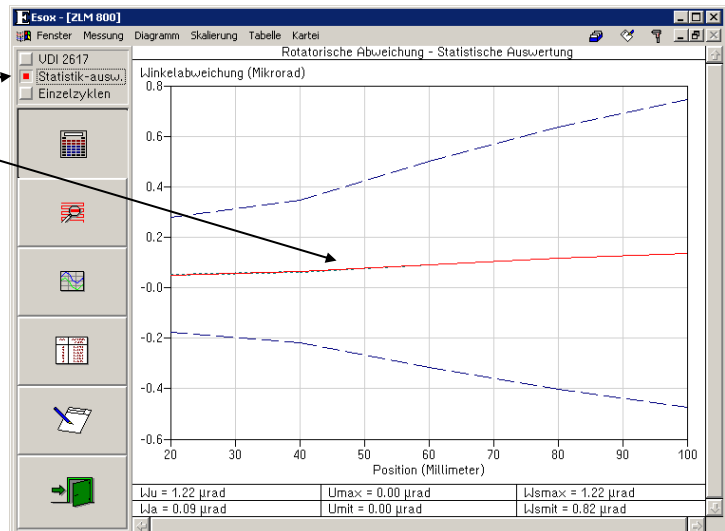
Im Fall der „VDI 2617“ - konformen Diagrammdarstellung kann mit dem Knopf darunter der Wert der „**Rotatorischen Abweichung W**“ eingeblendet werden.



Bei der statistischen Auswertung erfolgt eine Diagrammdarstellung in Analogie zur Diagrammdarstellung der Auswertung einer Positionsmessung nach „VDI/VDE 2617“.

Bitte beachten Sie, daß die „VDI/VDE 2617“ diese Darstellung nicht beinhaltet.

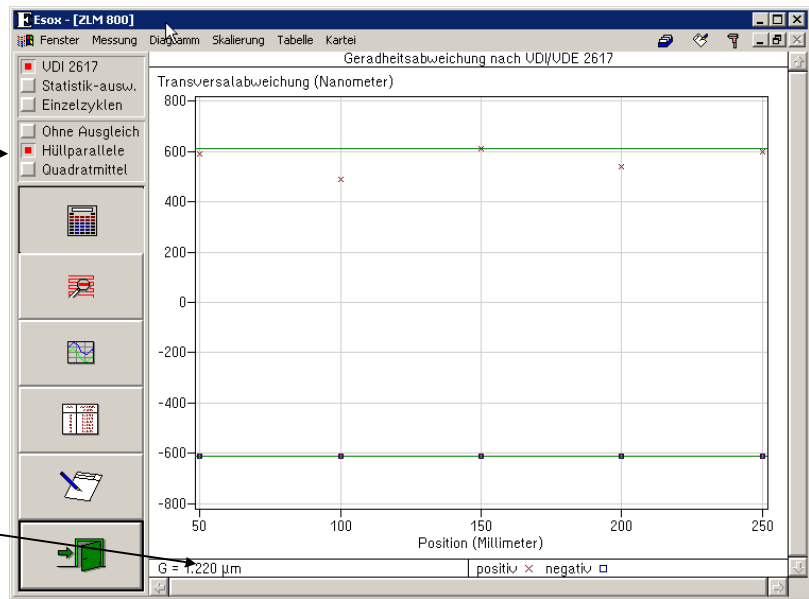
Die angegebenen Größen am unteren Bildschirmrand werden analog zu den Kenngrößen der „VDI/VDE 2617“ bestimmt.



Größe bei der Winkelmessung		Analoge Kenngröße bei der Positionsmessung	
Wu	Winkelunsicherheit	P	Positionsunsicherheit
Wa	Winkelabweichung	Pa	Positionsabweichung
Umax	Maximale Umkehrspanne	Umax	Maximale Umkehrspanne
Umit	Durchschnittliche Umkehrspanne	Umit	Durchschnittliche Umkehrspanne
Wsmax	Maximale Winkelstrebereite	Psmax	Maximale Positionsstrebereite
Wsmit	Durchschnittliche Winkelstrebereite	Psmit	Durchschnittliche Positionsstrebereite

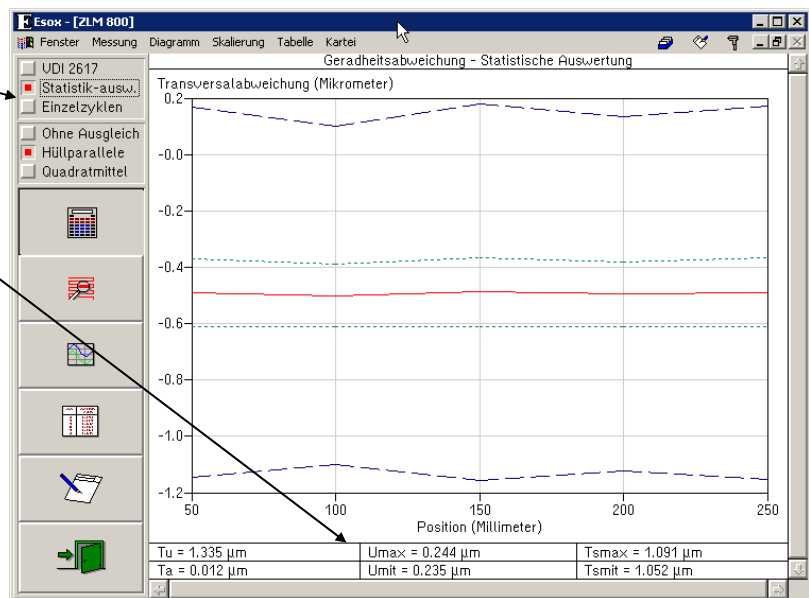
Beim Programmteil „ZLM Geradheit“ finden Sie neben der Umschaltung „VDI/VDE 2617“, „Statistische Auswertung“, „Einzelzyklen“ noch eine Wahlmöglichkeit für den Angleich (siehe Abschnitt „H 2 Kenngrößen“). Für die Standardauswertung sollte der Knopf „Hüllparallele“ verwendet werden.

Bei der Einstellung „VDI 2617“ im oberen Auswahlfeld wird am unteren Rand die „Geradheitsabweichung G“ angezeigt. Der Wert wird als Differenz aus Maximum und Minimum der dargestellten Diagrammpunkte berechnet.



Auch bei der statistischen Auswertung der Geradheitsmessung erfolgt die Diagrammdarstellung und die Berechnung der angegebenen Größen in Analogie zur Positionsmessung nach „VDI/VDE 2617“.

Auch hier beinhaltet die „VDI/VDE 2617“ diese Darstellung nicht.



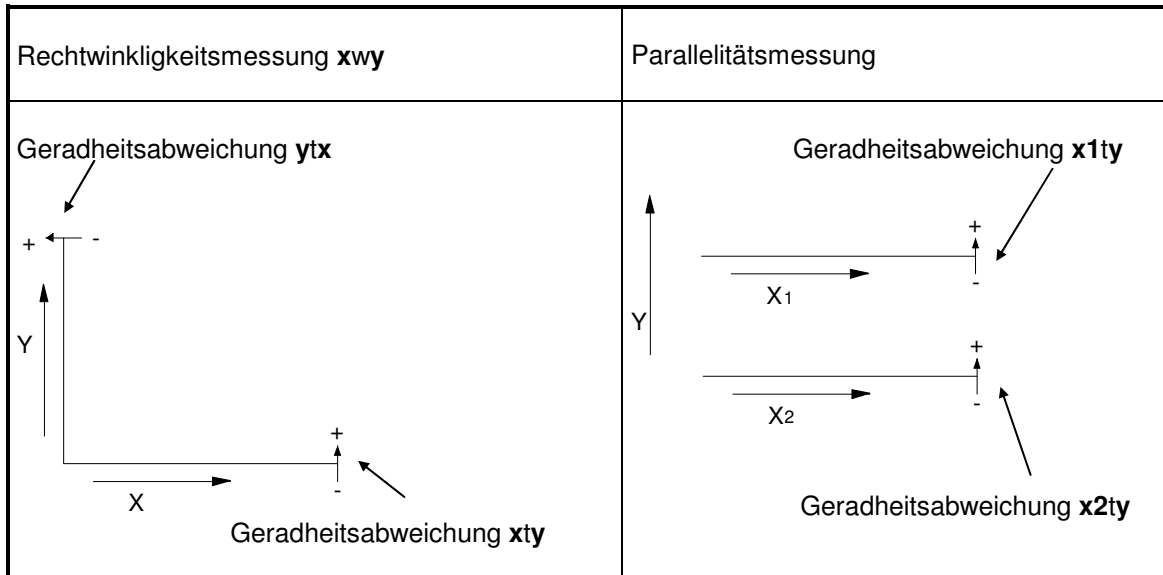
Größe bei der Geradheitsmessung		Analoge Kenngröße bei der Positionsmessung	
Tu	Transversale Positionsunsicherheit	P	Positionsunsicherheit
Ta	Transversale Positionsabweichung	Pa	Positionsabweichung
Umax	Maximale Umkehrspanne	Umax	Maximale Umkehrspanne
Umit	Durchschnittliche Umkehrspanne	Umit	Durchschnittliche Umkehrspanne
Tsmax	Maximale transversale Positionsstreuung	Psmax	Maximale Positionsstreuung
Tsmit	Durchschnittliche transversale Positionsstreuung	Psmitt	Durchschnittliche Positionsstreuung

Die Bedienung der verbleibenden fünf Knöpfe am linken Rand der Bildschirmdarstellung erfolgt wie beim Programmteil „ZLM Position“.

H 3.5 Bestimmung von Parallelitäts- und Rechtwinkligkeitsabweichung

Für die Bestimmung der Parallelitäts- und Rechtwinkligkeitsabweichungen werden zwei Geradheitsmessungen für zwei Meßachsen durchgeführt. Das Programm verrechnet dann die Datensätze der einzelnen Meßachsen miteinander und ermittelt die Rechtwinkligkeitsabweichung bzw. die Parallelitätsabweichung.



Bei den Geradheitsmessungen sind die Vorzeichen der transversalen Abweichungen zu beachten. Die folgenden Abbildungen verdeutlichen, wie die Vorzeichen gewählt werden müssen.

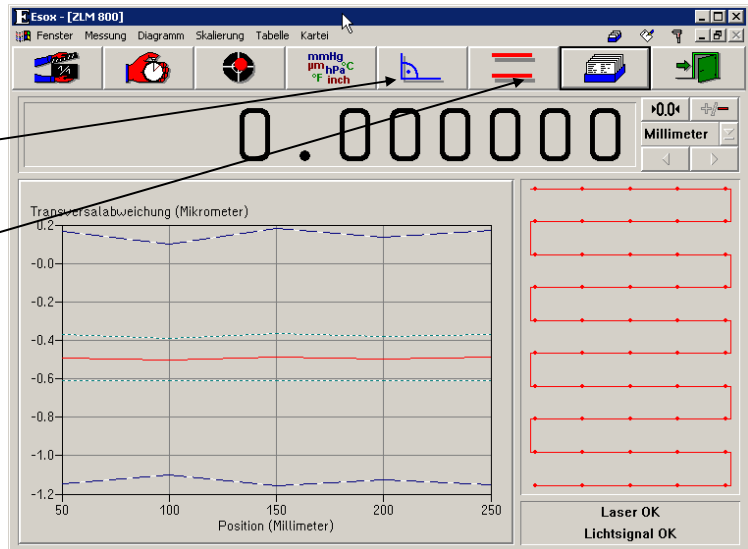


Bitte testen Sie vor einer Messung durch Verschieben des Doppelkeils, ob das richtige Vorzeichen eingestellt ist und korrigieren Sie es, falls nötig, an der numerischen Anzeige.

Nach der Messung müssen die zwei Karteikarten der Geradheitsmessungen in den Arbeitsspeicher des Programms geladen werden.

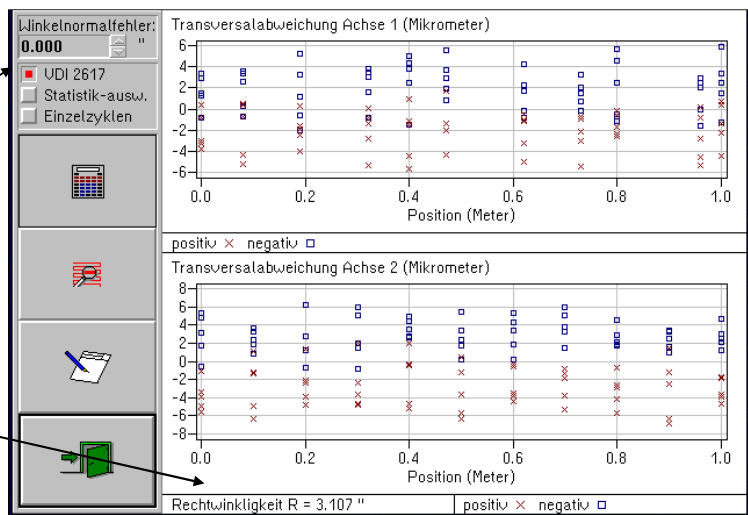
Nur bei der Rechtwinkligkeitsmessung ist zu beachten, welche Karte wohin gelegt werden muß.

Mit den Menüpunkten „Diagramm - Rechtwinkligkeit“ und „Diagramm - Parallelität“ oder mit den beiden Knöpfen  und  werden die entsprechenden Diagrammdarstellungen aufgerufen.



Bei der Rechtwinkligkeitsmessung kann die Abweichung des Pentaprismas von 90° eingegeben werden.

Am unteren Rand wird der Betrag der Rechtwinkligkeitsabweichung angezeigt.



Bei der Parallelitätsauswertung wird die Parallelitätsabweichung unter dem oberen Diagramm angezeigt.

