

Dr.-Ing. Michael Hernla
Sonnenplatz 13, 44137 Dortmund
Telefon 0231 136010
michael.hernla@t-online.de
www.dr-hernla.de

DR.-ING.
MICHAEL HERNLA



Ergänzung zum Buch

Michael Hernla: Messunsicherheit bei Koordinatenmessungen
4. Auflage expert verlag Renningen 2020, ISBN 978-3-8169-3509-4

Abschnitt 8.6 Koaxialität, Seiten 139-142

8.6 Koaxialität

Tabelle 8.15: Auswahltabelle Koaxialität; Faktoren für die Punktzahl nach Tabelle 3.12 bzw. für die Verteilung nach Tabelle 8.1; Längen nach Bild 8.16

Eingangsgröße X_i	Bedingung	Standardabweichung bzw. Grenze s_j bzw. a_i	Sensitivitätskoeffizient c_i
X_E	Immer	$s_{\min} = \frac{A}{3} \quad 1)$	1
W_E	Zylinder oder Kegel		$\frac{L_E}{2 \cdot L_{ME}}$
X_{TE}	Immer		1
X_{B1}	Nur ein Bezug	$s_{\min} = \frac{A}{3} \quad 1)$	1
	Gemeinsame Achse durch zwei Bezüge		$\frac{L_A}{L_{MB}} - 0,5$
W_{B1}	Bezug (2 Winkel): Ebene, Zylinder oder Kegel		$\frac{L_A}{L_{MB}}$
X_{TB1}	Nur ein Bezug		1
	Gemeinsame Achse durch zwei Bezüge		$\frac{L_A}{L_{MB}} - 0,5$
X_{B2}	Gemeinsame Achse durch zwei Bezüge		$\frac{L_A}{L_{MB}} + 0,5$
X_{TB2}	Gemeinsame Achse durch zwei Bezüge	$\frac{L_A}{L_{MB}} + 0,5$	
ΔX_{TRB}	Zwei Bezüge mit verschiedenen Tastern	$a_i = \frac{L_{TB1} + L_{TB2}}{2 \cdot L_T} \cdot P_{LTj,MPE} \quad 2)$	$\frac{L_A}{L_{MB}}$
ΔX_{TR}	Verschiedene Taster zwischen Element und Bezug	$a_i = \frac{L_{TE} + L_{TBi}}{2 \cdot L_T} \cdot P_{LTj,MPE} \quad 2)$	1
ΔX_D	Element und Bezug in verschiedenen Drehtischstellungen	$a_i = F_{MPE} \cdot \sqrt{\frac{r_{\max}^2 + h_{\max}^2}{r^2 + \Delta h^2}} \quad 4)$	1
ΔE_{KMG}	Zwei Kreise in einer Ebene	$a_i = \frac{D}{2 \cdot K} \quad 3)$	1
	Sonst immer		$\frac{L_A}{L_{MB}}$
A_1, A_2	Rundlauf und Gesamtrundlauf	$s_{\min} = \frac{A}{3} \quad 1)$	1
ΔF_T	Rundlauf und Gesamtrundlauf	Formabweichung F am Normal	1
ΔF_{KMG}	Rundlauf und Gesamtrundlauf	Tabelle 3.23 bzw. 8.22	1

Anmerkungen:

- 1) Standardabweichung s vom Ausgleichselement oder s_{\min} mit dem Faktor A aus dem Grenzwert der Längenmessabweichungen $E_{0, MPE} = (A+L/K) \mu\text{m}$
- 2) Grenzwert $P_{LTj, MPE}$ der Mehrfachtaster-Ortsabweichung
- 3) Faktor K aus dem Grenzwert der Längenmessabweichung $E_{0, MPE} = (A+L/K) \mu\text{m}$; mit $L = D$ als größter Durchmesser des Bezuges
- 4) Maximale Vierachsenabweichung: $F_{MPE} = \text{Max}(F_{A, MPE}; F_{R, MPE}; F_{T, MPE})$

Konstanten:

Δh Höhendifferenz für den Grenzwert der Vierachsenabweichungen

h_{\max} Radius für den Grenzwert der Vierachsenabweichungen

L_A Größter Abstand des tolerierten Elements vom Schwerpunkt der Messpunkte am Bezug

L_E Länge des tolerierten Elements (Gesamtlänge bis zum Rand)

L_{MB} Messlänge am Bezug (Bereich der Messpunkte bzw. Abstand der Schwerpunkte der beiden Bezüge)

L_{ME} Messlänge am tolerierten Element (Bereich der Messpunkte)

L_T Tasterlänge für die spezifizierte Mehrfachtaster-Ortsabweichung $P_{LTj, MPE}$

L_{TBi} Tasterlänge am Bezug mit Index $i=1$ oder $i=2$

L_{TE} Tasterlänge am tolerierten Element

r Größte Höhe des tol. Elements bzw. eines Bezugs über der Drehtischfläche

r_{\max} Größter Abstand des tol. Elements bzw. eines Bezugs von der Drehtischachse

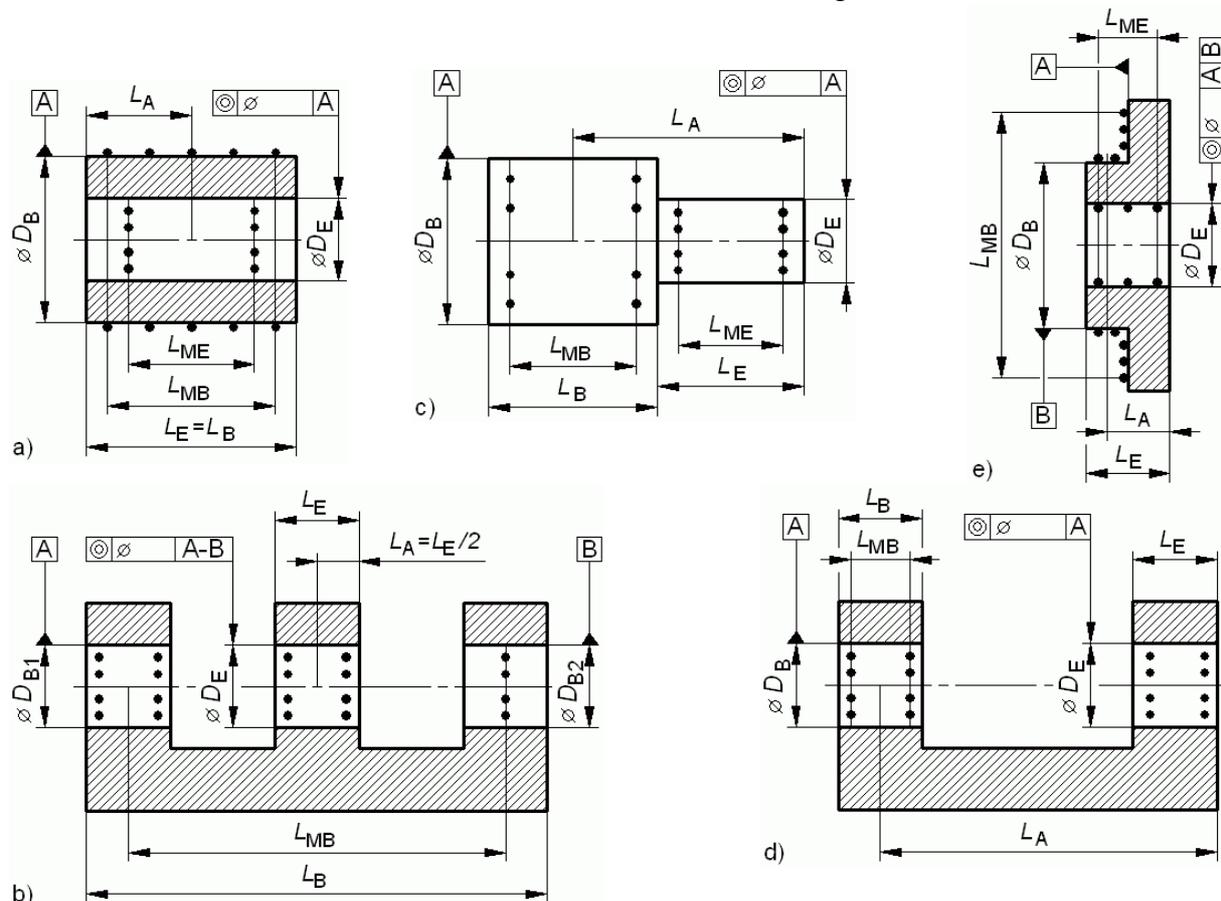


Bild 8.16: Bezeichnungen in den Tabellen 8.15 und 8.17

Tabelle 8.17: Berechnungstabelle Koaxialität und Rundlauf

Messgröße: E_K Koaxialitätsabweichung (radiusbezogen)

Messgröße: E_L (Gesamt-) Rundlaufabweichung

Funktion: $E_K = X_E + W_E * L_E / 2 / L_{ME} - X_{TE} - X_{B1} - (W_{B1} - \Delta E_{KMG}) * L_A / L_{MB} - X_{TB} - \Delta X_{TR} - \Delta X_D$

Oder: $E_K = X_E + W_E * L_E / 2 / L_{ME} - X_{TE} - (X_{B1} - X_{TB1} + X_{B2} - X_{TB2}) / 2 - (X_{B2} - X_{TB2} - X_{B1} + X_{TB1} - \Delta X_{TRB} - \Delta E_{KMG}) * L_A / L_{MB} - \Delta X_{TR} - \Delta X_D$

Rundlauf: $E_L = 2 * E_K + A_1 - A_2 - \Delta F_T - \Delta F_{KMG}$

Eingangsgrößen:

X_E	Mittelpunktcoordinate des tolerierten Elements
W_E	Winkel des tolerierten Elements
X_{TE}	Mittelpunktcoordinate beim Einmessen des Tasters für das tolerierte Element (Halbkugel)
X_{B1}	Mittelpunktcoordinate des Bezuges 1 (näher am tolerierten Element)
W_{B1}	Winkel des Bezuges im Bereich der Bezugslänge
X_{TB1}	Mittelpunktcoordinate beim Einmessen des Tasters für den Bezug 1 (Halbkugel)
X_{B2}	Mittelpunktcoordinate des Bezuges 2 (wenn zutreffend; weiter weg vom tol. Element)
X_{TB2}	Mittelpunktcoordinate beim Einmessen des Tasters für den Bezug 2 (Halbkugel)
ΔX_{TRB}	Rotationsabweichung der Taster zwischen Bezug 1 und Bezug 2
ΔX_{TR}	Rotationsabweichung der Taster zwischen Element und Bezug (Bezügen)
ΔX_D	Rotationsabweichungen des Drehtisches zwischen Element und Bezug (Bezügen)
ΔE_{KMG}	Geometrieabweichungen des KMG
A_1	Maximale positive Abweichung der Oberfläche (Antaststreuung des KMG - nur Rundlauf)
A_2	Maximale negative Abweichung der Oberfläche (Antaststreuung des KMG - nur Rundlauf)
ΔF_T	Formabweichung am Normal aufgrund der Tasterbiegung (nur bei Rundlauf)
ΔF_{KMG}	Geometrieabweichungen des KMG für die Formabweichungen (nur bei Rundlauf)

Messbedingungen:

Taster		Auswahl: 1 derselbe Taster, 2 verschiedene Taster für Element und Bezug
Element		Auswahl: 4 Kreis, 6 Zylinder, 7 Kegel
Merkmal	-	Koordinate im Schwerpunkt der Messpunkte (Mittelpunkt) senkrecht zur Achse
Muster E		Punktmuster: 1 gleichmäßig verteilt, 2 zwei Radialschnitte
$D_E =$		Größter Durchmesser des tolerierten Elements
$L_A =$		Größter Abstand des Elements vom Schwerpunkt der Messpunkte am Bezug
$L_E =$		Auswertelänge am tolerierten Element (Gesamtlänge bis zum Rand)
$L_{ME} =$		Messlänge am tolerierten Element (Bereich der Messpunkte)
Taster E		Tasternummer bzw. Tasterstellung für das tolerierte Element
$L_{TE} =$		Tasterlänge (Abstand zwischen Kugelmittelpunkt und Anlage am Messkopf)
Bezug 1		Auswahl: 3 Ebene, 4 Kreis, 6 Zylinder, 7 Kegel
Merkmal	-	Koordinate im Schwerpunkt der Messpunkte (Mittelpunkt) senkrecht zur Achse
Muster B1		Punktmuster: 1 gleichmäßig verteilt, 2 zwei Radialschnitte
Bezug 2		Auswahl: 4 Kreis, 6 Zylinder, 7 Kegel
Merkmal	-	Koordinate im Schwerpunkt der Messpunkte (Mittelpunkt) senkrecht zur Achse
$D_B =$		Größter Durchmesser des Bezuges
$L_{MB} =$		Messlänge (Bereich der Messpunkte bzw. Abstand der Schwerpunkte)
Taster B1		Tasternummer bzw. Tasterstellung für den ersten Bezug
$L_{TB1} =$		Tasterlänge (Abstand zwischen Kugelmittelpunkt und Anlage am Messkopf)
Taster B2		Tasternummer bzw. Tasterstellung für den zweiten Bezug
$L_{TB2} =$		Tasterlänge (Abstand zwischen Kugelmittelpunkt und Anlage am Messkopf)

Fortsetzung nächste Seite

Tabelle 8.17: Berechnungstabelle Koaxialität und Rundlauf (Fortsetzung)

$A =$	Konstanter Anteil A des Grenzwertes $E_{0, MPE}$ der Längenmessabweichungen
$K =$	Faktor K des Grenzwertes der Längenmessabweichungen $E_{0, MPE} = (A+L/K) \mu\text{m}$
$P_{LTj, MPE} =$	Grenzwert der Mehrfachaster-Ortsabweichung des Messkopfsystems
$L_T =$	Tasterlänge für die spezifizierte Mehrfachaster-Ortsabweichung
Drehtisch	Messung: 0 ohne Drehtisch, 1 mit Drehtisch
$F_{MPE} =$	Maximaler Grenzwert der Vierachsenabweichung des Drehtischs (μm)
$\Delta h =$	Höhendifferenz für den Grenzwert der Vierachsenabweichungen
$r =$	Radius für den Grenzwert der Vierachsenabweichungen
$h_{\text{max}} =$	Größte Höhe des tol. Elements bzw. des Bezugs über der Drehtischfläche
$r_{\text{max}} =$	Größter Abstand des tol. Elements bzw. des Bezugs von der Drehtischachse
$F_T =$	Formabweichung am Normal aufgrund der Tasterbiegung (μm); nur bei Lauf

Eingangsgröße X_i	Methode bzw. Anzahl m_i	Messpunkt- anzahl bzw. Verteilung n_i	Standard- abweichung bzw. Grenze s_i bzw. a_i	Faktor für Punktzahl / Verteilung b_i	Sensi- tivitäts- koeffizient c_i	Unsicher- heitsbeitrag (μm) $u_i(y)$	Effektive Freiheits- grade ν_{eff}
X_E					1		
W_E							
X_{TE}							
X_{B1}							
W_{B1}							
X_{TB1}							
X_{B2}							
X_{TB2}							
ΔX_{TRB}							
ΔX_{TR}	B	Normal		0,5	1		0
ΔX_D	B	Normal		0,5	1		0
ΔE_{KMG}	B	Normal		0,5			0
A_1	B	Normal		0,5	1		0
A_2	B	Normal		0,5	1		0
ΔF_T	B	Rechteck		0,58	1		0
ΔF_{KMG}	B	Normal		0,5	1		0
Standardunsicherheit der Messgröße:					$u(y) =$		$\Sigma =$
Erweiterungsfaktor:					$k =$		$\nu_{\text{eff}} =$
Erweiterte Messunsicherheit ($P=95\%$):					$U =$		

Besteht das Bezugssystem aus einer Ebene für die Raumausrichtung (Hauptrichtung) und einem Mittelpunkt als Nullpunkt wie im Bild 8.15 e), wird als Bezug 1 die Ebene mit dem entsprechenden Punktmuster (1 in Reihe oder im Raster, 2 an den Enden, 3 kreisförmig) und als Bezug 2 ein Kreis, Zylinder oder Kegel mit der Koordinate im Schwerpunkt gewählt.