

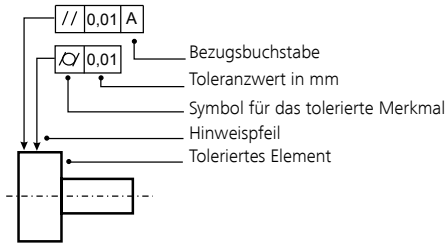


MORE LIGHT



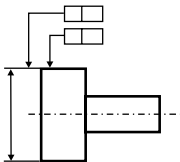
Präzise Formmessung
Form- und Lagetoleranzen
in der Praxis

Toleranzrahmen

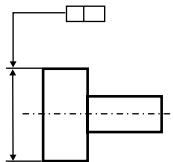


Tolerierte Elemente

Hinweisfeil auf Konturlinie oder Maßhilfslinie (versetzt von Maßlinie): wenn sich die Toleranz auf die Linie oder Fläche selbst bezieht.

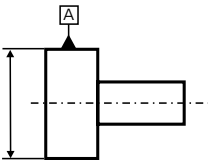


Hinweisfeil als Verlängerung der Maßlinie: wenn die Toleranz für die Achse oder Mittelebene oder einen Punkt des Elementes gilt.

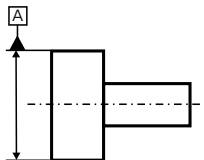


Bezüge

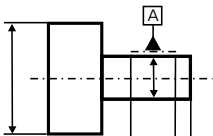
Bezugsdreieck mit Bezugsbuchstaben steht auf der Konturlinie des Elements oder auf der Maßhilfslinie: wenn der dargestellte Bezug eine Linie oder Fläche ist.



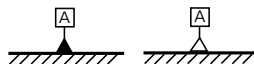
als Verlängerung der Maßlinie: wenn der Bezug die Achse, die Mittelebene oder ein entsprechend bemaßter Punkt ist.



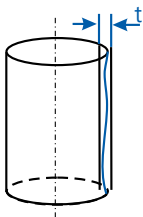
Einschränkung des Bezugs auf einen Bereich des Elements als Strichpunktlinie mit Bemaßung:



Ein ausgefülltes oder leeres Bezugsdreieck sind in ihrer Bedeutung gleich:

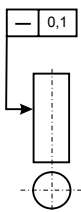


 **Geradheit**



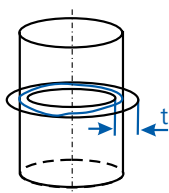
Die Toleranzzone wird begrenzt durch zwei parallele Geraden vom Abstand t . Jede Mantellinie des tolerierten Zylinders muss zwischen diesen beiden parallelen Geraden liegen.

Beispiel



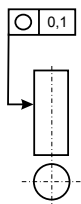
Jede Mantellinie der tolerierten zylindrischen Fläche muss zwischen zwei parallelen Geraden vom Abstand 0,1 liegen.

 **Rundheit**



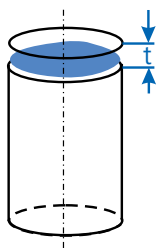
Die Toleranzzone wird begrenzt durch zwei konzentrische Kreise vom Abstand t . Die Umfangslinie des tolerierten Zylinders muss in jeder beliebigen Radialschnittebene innerhalb eines Kreisrings der Zonenbreite t liegen.

Beispiel



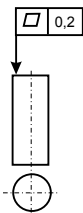
Die Umfangslinie des tolerierten Zylinders muss in jeder beliebigen Radialschnittebene innerhalb eines Kreisrings der Zonenbreite 0,1 liegen.

 **Ebenheit**



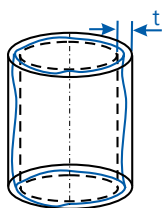
Die Toleranzzone wird durch zwei parallele Ebenen vom Abstand t begrenzt, deren Abmessungen denen der tolerierten Fläche entsprechen. Die reale Werkstückfläche muss zwischen beiden parallelen Ebenen vom Abstand t liegen.

Beispiel



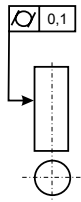
Die reale Werkstückfläche muss zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand 0,2 liegen.

 **Zylinderform**



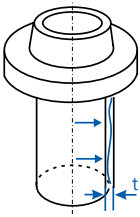
Die Toleranzzone für die Zylindermantelfläche begrenzt die Abweichung von der Rundheit, der Geradheit der Mantellinie und von der Parallelität der Mantellinie zur Zylinderachse. Sie wird durch zwei koaxiale Zylinder mit dem radialen Abstand t gebildet.

Beispiel



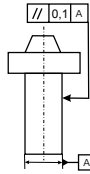
Die tolerierte zylindrische Fläche muss zwischen zwei koaxialen Zylindern mit einem radialen Abstand von 0,1 liegen.

 **Parallelität**



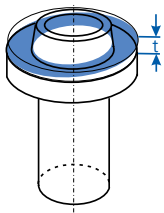
Die Toleranzzone, innerhalb der die Mantellinien des tolerierten Zylinders liegen müssen, wird begrenzt durch zwei parallele Geraden vom Abstand t , die parallel zur Bezugsfläche laufen.

Beispiel



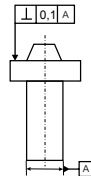
Jede Mantellinie der tolerierten Fläche muss zwischen zwei parallelen Geraden vom Abstand 0,1 liegen, die zur Mittelachse parallel sind.

 **Rechtwinkligkeit**



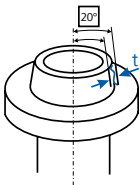
Die Toleranzzone wird durch zwei parallele Ebenen vom Abstand t begrenzt, die senkrecht zur Bezugsachse angeordnet sind. Die tolerierte Planfläche muss zwischen diesen beiden Ebenen liegen.

Beispiel



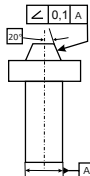
Alle Punkte/Kreislinien der tolerierten Fläche müssen zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand 0,1 liegen, die auf der Bezugsfläche senkrecht stehen.

 **Neigung**



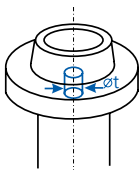
Die Toleranzzone wird begrenzt durch zwei im Nennwinkel zur Bezugsachse liegenden parallelen Ebenen vom Abstand t .

Beispiel



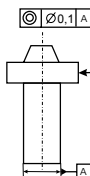
Alle Punkte der tolerierten Fläche müssen zwischen zwei parallelen Geraden vom Abstand 0,1 liegen, die zur Bezugsachse um 20° geneigt sind.

 **Koaxialität**



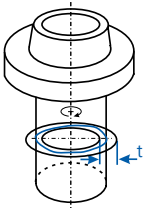
Die Toleranzzone wird begrenzt durch einen Zylinder vom Durchmesser t , dessen Achse mit der Bezugsachse übereinstimmt. Die Ist-Achse des tolerierten Elements muss innerhalb der Toleranzzone liegen.

Beispiel



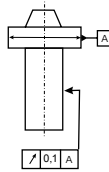
Die Achse des tolerierten Zylinders muss innerhalb eines zur Bezugsachse A koaxialen Zylinders vom Durchmesser 0,1 liegen.

 **Rundlauf**



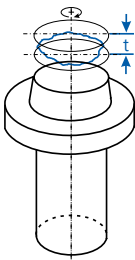
Die Toleranzzone wird in jeder beliebigen Radialschnittebene senkrecht zur Oberfläche begrenzt durch zwei konzentrische Kreise vom Abstand t , deren gemeinsamer Mittelpunkt auf der Bezugsachse liegt. Die Rundlauf-toleranz gilt allgemein für eine vollständige Umdrehung des tolerierten Elements um die Bezugsachse.

Beispiel



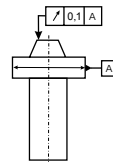
Die Umfangslinie jeder beliebigen Radialschnittebene der tolerierten zylindrischen Fläche muss zwischen zwei konzentrischen Kreisen mit Abstand 0,1 liegen, deren gemeinsamer Mittelpunkt auf der Bezugsachse A liegt.

 **Planlauf**



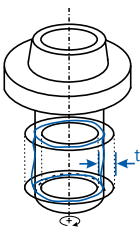
Die Toleranzzone wird in jedem beliebigen radialen Abstand von zwei Kreisen im Abstand t begrenzt. Die Kreise liegen in einem Zylinder, dessen Achse mit der Bezugsachse übereinstimmt. Der Durchmesser des Zylinders kann jeden Wert des Durchmessers der Planfläche annehmen.

Beispiel



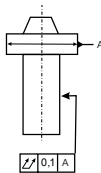
Jede Kreislinie der tolerierten Fläche muss zwischen zwei parallelen Kreisebenen mit Abstand 0,1 liegen, deren gemeinsamer Mittelpunkt auf der Bezugsachse A liegt.

 **Gesamtrundlauf**



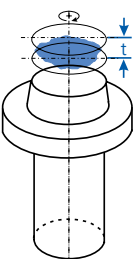
Die Toleranzzone wird begrenzt durch zwei koaxiale Zylinder vom Abstand t , deren Achsen mit der Bezugsachse übereinstimmen. Bei mehrmaliger Drehung um die Bezugsachse und axialer Verschiebung des Messwertaufnehmers müssen alle Punkte des tolerierten Elements innerhalb der Toleranzzone liegen.

Beispiel



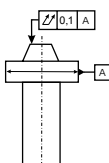
Die tolerierte zylindrische Fläche muss zwischen zwei koaxialen Zylindern mit einem radialen Abstand von 0,1 liegen, deren gemeinsame Achse auf der Bezugsachse A liegt.

 **Gesamtplanlauf**



Die Toleranzzone wird begrenzt von zwei parallelen Ebenen vom Abstand t , die senkrecht zur Bezugs-(Rotations-)achse stehen. Bei mehrmaliger Drehung um die Bezugsachse und radialer Verschiebung des Messwertaufnehmers müssen alle Punkte der Oberfläche der tolerierten Planfläche innerhalb der Toleranzzone liegen.

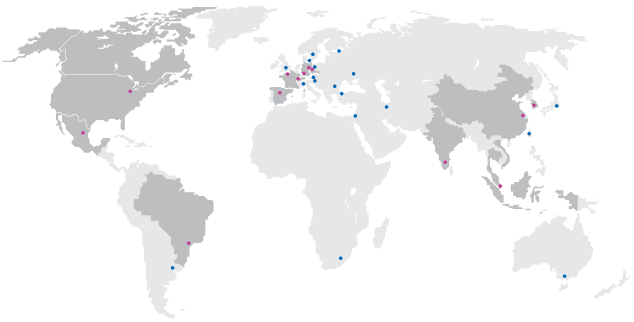
Beispiel



Die tolerierte Fläche muss zwischen zwei parallelen Kreisebenen mit Abstand 0,1 liegen, deren gemeinsamer Mittelpunkt auf der Bezugsachse A liegt.

Wir unterstützen Sie weltweit.

Unsere qualifizierten Mitarbeiter sind auf der ganzen Welt im Einsatz. Mit unseren Standorten und Vertriebspartnern in den wichtigsten Industriestaaten sind wir direkt bei Ihnen vor Ort, um Sie als zuverlässiger Partner optimal zu unterstützen.

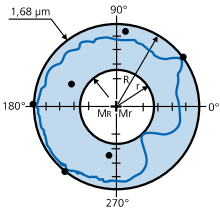


Besuchen Sie uns auf YouTube.

JENOPTIK Industrial Metrology Germany GmbH | Alte Tuttlinger Straße 20
78056 Villingen-Schwenningen | Deutschland | T +49 7720 602-0
F +49 7720 602-444 | metrology@jenoptik.com | www.jenoptik.de/messtechnik

Auswerteverfahren

Auswirkung und Funktion unterschiedlicher Auswertemethoden auf die Rundheitsauswertung.

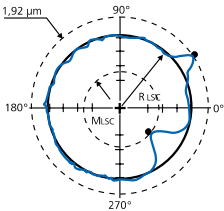


MZCI

Minimum Zone Circle Minimale Kreisringzone

Konzentrische Innen- und Außenberührkreise mit minimalem Radienabstand, die das Rundheitsprofil einschließen.

Einzelne Profilspitzen beeinflussen den Mittelpunkt **erheblich**. Ergibt den kleinstmöglichen Formfehler.

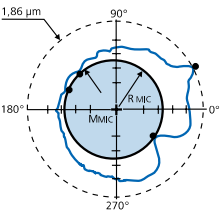


LSCI

Least Square Circle Ausgleichskreis

Kreis durch das Rundheitsprofil mit minimaler Summe der Profilabweichungsquadrate.

Einzelne Profilspitzen beeinflussen den Mittelpunkt **nur wenig**. Gut geeignet für stabile Bezugsbildung.

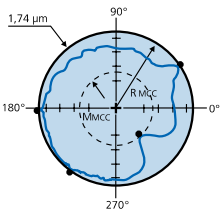


MICI

Maximum Inscribed Circle Pferchkreis

Größter in das Rundheitsprofil einbeschriebener Kreis für Innenflächen.

Das Verfahren wird für Formprüfungen der Innendurchmesser verwendet.



MCCI

Minimum Circumscribed Circle Hüllkreis

Kleinster das Rundheitsprofil umschreibender Kreis für Außenflächen.

Das Verfahren wird für Formprüfungen der Außendurchmesser verwendet.

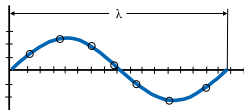
Filterverfahren

Definition gemäß DIN EN ISO 16610-21 für Rauheits- und Formmessung.

Filtercharakteristik: Gaußförmige Amplitudenübertragungsfunktion

Amplitudendämpfung bei Grenzwellenlänge λ_c : 50 %

Punktezahl pro Welle:



Es sind mindestens 7 Punkte pro Welle zu wählen.

Rundheitsmessung: Angabe Grenzwellenlänge in W/U (Wellen/Umdrehung)
Angabe ist unabhängig vom Werkstückdurchmesser

Empfohlene Grenzwellenzahlen: 15, 50, 150, 500 W/U

Umrechnung von W/U auf Wellenlänge: $\lambda_c = D \times 3,14 / \text{Grenzwellenzahl}$

Geradheitsmessung: Angabe Grenzwellenlänge in mm

Empfohlene Grenzwellenlängen: 0,25; 0,8; 2,5; 8,0 mm

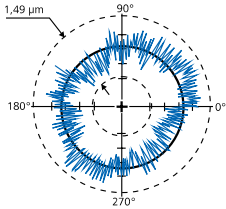
Praxisrelevante Normen

Für Messungen von Rundheit, Geradheit und Ebenheit

DIN EN ISO 1101	Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Geometrische Tolerierung – Tolerierung von Form, Richtung, Ort und Lauf
DIN EN ISO 12180-1	Geometrische Produktspezifikation (GPS), Zylindrizität – Teil 1 Begriffe und Kenngrößen der Zylinderform
DIN EN ISO 12181-1	Geometrische Produktspezifikation (GPS), Rundheit – Teil 1 Begriffe und Kenngrößen der Rundheit
DIN EN ISO 12780-1	Geometrische Produktspezifikation (GPS), Geradheit – Teil 1 Begriffe und Kenngrößen der Geradheit
DIN EN ISO 12781-1	Geometrische Produktspezifikation (GPS), Ebenheit – Teil 1 Begriffe und Kenngrößen der Ebenheit
VDI/VDE 2631 Blatt 1	Formprüfung – Grundlagen zur Bestimmung von Form- und Lageabweichungen
VDI/VDE 2631 Blatt 2	Formprüfung – Bestimmung der Empfindlichkeit der Signal-Übertragungskette
VDI/VDE 2631 Blatt 3	Formprüfung – Eigenschaften und Auswahl von Filtern

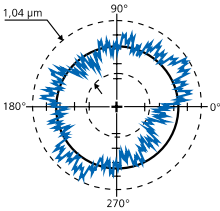
Filterstufen

Filterwirkung verschiedener Grenzwellenzahlen auf das Rundheitsergebnis. Gaußfilter 50 %.



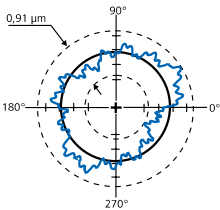
Ohne Filter

○ 1,49 μm
RONt (MZCI) = 1,49 μm



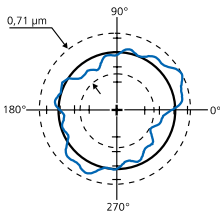
Filter 150 W/U

○ 1,04 μm
RONt (MZCI) = 1,04 μm



Filter 50 W/U

○ 0,91 μm
RONt (MZCI) = 0,91 μm



Filter 15 W/U

○ 0,71 μm
RONt (MZCI) = 0,71 μm

Form- und Lagetoleranzen DIN EN ISO 1101

Genormte Toleranzangaben legen Toleranzzonen fest, in denen die tolerierten Elemente des Werkstücks liegen müssen.

Als **Formtoleranz** wird die Toleranzzone bezeichnet, die die Abweichung eines Formelements von seiner Idealgeometrie (Geradheit, Ebenheit, Rundheit, Zylinderform) begrenzt und sich ausschließlich am tolerierten Element orientiert. Lediglich die Toleranzen für die Linien- und Flächenform erfordern theoretisch genaue Maßangaben und Bezüge.

Als **Richtungstoleranz** wird eine Toleranzzone bezeichnet, mit der die Abweichung von der allgemeinen Richtung (Parallelität, Rechtwinkligkeit, Neigung) zwischen dem tolerierten Element und dem Bezug und die Formabweichung des tolerierten Elements begrenzt werden.

Als **Ortstoleranz** bezeichnet man die Toleranzzone, die die Abweichung des tolerierten Elements (Position, Koaxialität, Konzentrität, Symmetrie) von seinem idealgeometrischen Ort begrenzt, der eindeutig durch einen Bezug oder ein System von Bezügen definiert sein muss.

Als **Laufstoleranz** wird eine Toleranzzone bezeichnet, die die Form- und Lageabweichungen von Mantelflächen oder Planflächen in Bezug auf eine Rotationsachse begrenzen.

Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768 Teil 2

Für spanend gefertigte Werkstücke

Alle Angaben in mm

Toleranzklasse H

Nennmaßbereich	...10	> 10 ...30	> 30 ...100	> 100 ...300	> 300 ...1000	> 1000 ...3000
	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
		0,2		0,3	0,4	0,5
				0,5		
				0,1		

Toleranzklasse K

Nennmaßbereich	...10	> 10 ...30	> 30 ...100	> 100 ...300	> 300 ...1000	> 1000 ...3000
	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
		0,4		0,6	0,8	1,0
			0,6		0,8	1,0
				0,2		

Toleranzklasse L

Nennmaßbereich	...10	> 10 ...30	> 30 ...100	> 100 ...300	> 300 ...1000	> 1000 ...3000
	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6
		0,6		1,0	1,5	2,0
		0,6		1,0	1,5	2,0
			0,5			



Toleranzwert entspricht der Durchmesserstoleranz bzw. maximal der Allgmeintoleranz für den Rundlauf.



Toleranzwert entspricht dem Maximalwert beim Vergleich der Maßtoleranz des Abstandmaßes mit der Allgmeintoleranz für die Geradheit bzw. Ebenheit der betrachteten Formelemente.