

1 ISO-GPS: Geometrische Tolerierung (Form- und Lagetoleranzen)

Unter der geometrischen Tolerierung versteht man die Festlegung der Form-, Richtungs-, Orts- und Lauftoleranzen zur Spezifikation von Werkstücken. Aktuell beinhaltet die Norm DIN EN ISO 1101 die gültigen Regeln und Symbole zur geometrischen Tolerierung der Bauteile.

1.1 DIN EN ISO 1101 – Tolerierung von Form, Richtung, Ort und Lauf

DIN EN ISO 1101 enthält grundlegende Informationen und Regeln für die geometrische Tolerierung von Werkstücken. Hierzu zählen Definitionen der Form- und Lagetoleranzen, Symbole und Zeichnungsangaben. Folgende Toleranzen werden unterschieden

- Formtoleranzen: Geradheit, Ebenheit, Rundheit, Zylinderform
- Richtungstoleranzen: Rechtwinkligkeit, Parallelität, Neigung
- Ortstoleranzen: Position, Konzentrität, Koaxialität, Symmetrie
- Lauftoleranzen: Rundlaufspezifikationen axial und radial
- Linien- und Flächenprofiltoleranzen (Details: ISO 1660)

1.2 DIN EN ISO 5459 – Bezüge und Bezugssysteme

Die Basis für die Bemaßung der Lagetolerierungen von geometrischen Elementen und für deren Prüfung (Ausrichtung) ist der Bezug bzw. das Bezugssystem. In der Norm **DIN EN ISO 5459 (GPS) – Geometrische Tolerierung – Bezüge und Bezugssysteme** sind die geltenden Regeln enthalten.

- Einzelbezüge, gemeinsame Bezüge, Bezugssysteme
- Kennzeichnung der Bezugselemente
- Symbole für Bezugsstellenangaben
- Modifizierersymbole
- Eintragungsregeln
- Assoziation (messtechnische Zuordnung) von Bezügen

Bezüge und Bezugssysteme nach DIN EN ISO 5459

Bezüge sind theoretisch exakte Geometrieelemente, die aus Punkten, Geraden, Flächen oder Kombinationen daraus gebildet werden können. Diese idealen assoziierten Geometrieelemente werden aus den angegebenen Bezugselementen am Werkstück gebildet.

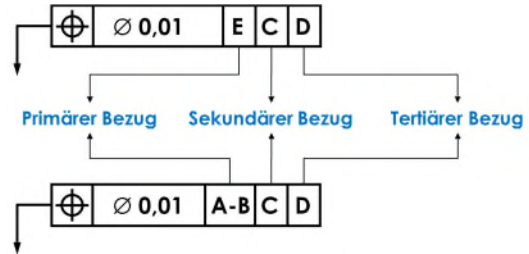
Sie dienen der Aufnahme und Ausrichtung zur Herstellung und Prüfung der Werkstücke mit geometrischen Toleranzen und werden durch einen Bezugsindikator angegeben



Vollständiges „hierarchisches“ Bezugssystem

Ein Bezugssystem wird durch die geordnete Angabe von zwei oder drei Bezügen im Toleranzrahmen angegeben. Mit dem Bezugssystem werden die erforderlichen Freiheitsgrade zur Ausrichtung eines Bauteils fixiert.

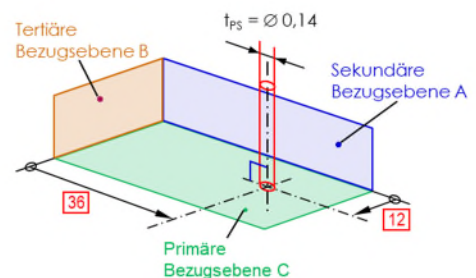
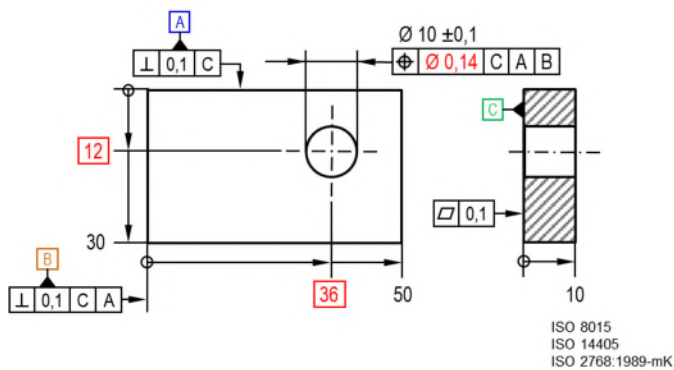
Die Reihenfolge der Kennbuchstaben der Bezüge, die großen Einfluss auf das Ergebnis hat, ist gleichzeitig die Rangfolge für die Bildung des Bezugssystems. Die Bezugsebenen sind theoretisch exakte Geometrielemente und stehen dabei senkrecht zueinander!



Damit die Bezugselemente am Bauteil genutzt werden können, müssen sie sinnvoll spezifiziert sein.

- Primärbezug: Formtoleranz
- Sekundärbezug: Rechtwinkligkeit (Orientierung) zum Primärbezug
- Tertiärer Bezug: Rechtwinkligkeit (Orientierung) zum Primär- und Sekundärbezug
- Mit kleineren Toleranzen als bei der Positionstoleranz

1.3 Beispiel 1: Bezugssystem an einer Bohrplatte mit Positionstoleranz



Quelle: www.quality-office.de

1.4 Formtoleranz

Formtoleranzen begrenzen die zulässigen Abweichungen eines Geometrieelementes von seiner geometrischen idealen Form. Sie bestimmen die Toleranzzone, innerhalb der das extrahierte (erfasste) Ist-Geometrieelement liegen muss und eine beliebige Form haben darf.

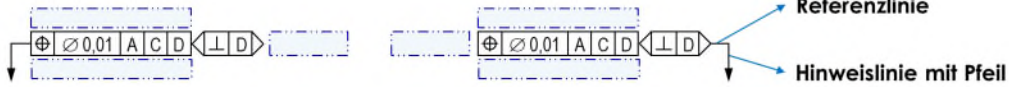
1.5 Lagetoleranz (Richtungs-, Orts- und Lauftoleranzen)

Lagetoleranzen begrenzen die zulässigen Abweichungen von der geometrischen idealen Lage zweier oder mehrerer Geometrieelemente zueinander, von denen eines oder auch mehrere als Bezugselement oder Bezugssystem festgelegt wird.

1.6 Typische Beispiele zur geometrischen Tolerierung nach ISO 1101

Variante 1

Variante 2

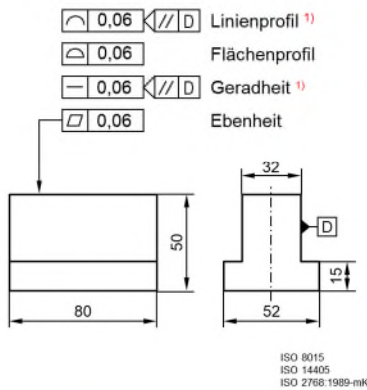


- Toleranzindikator für Formtoleranzen ohne Bezug
- Toleranzindikator für Richtungstoleranzen mit Bezug
- Toleranzindikator für Ortstoleranzen mit Bezugssystem
- Ebenen- und Geometrieelement-Indikator
- Bereiche für angrenzende ergänzende Angaben

Quelle: www.quality-office.de

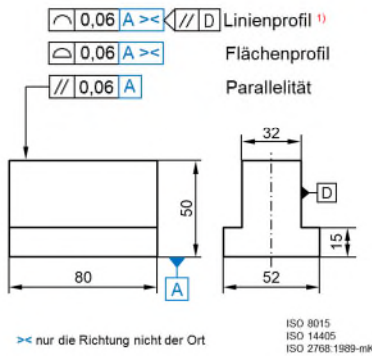
Formtoleranzen

für ebene Flächen/gerade Linien



Richtungstoleranzen

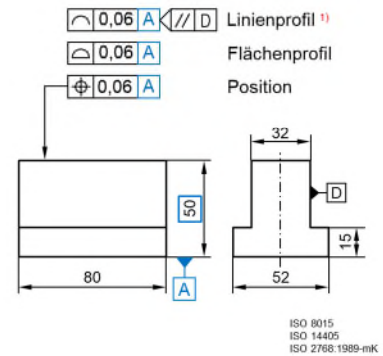
Winkellage
für ebene Flächen und gerade Linien



>> nur die Richtung nicht der Ort

Ortstoleranzen

für ebene Flächen/gerade Linien

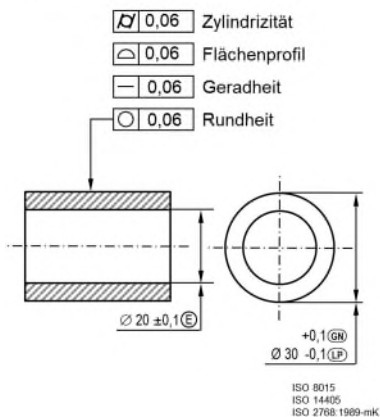


1) Bei diesen Spezifikationen sind zusätzlich Schnittebenen-Indikatoren anzugeben! Mögliches Beispiel: Bezug D muss dann zusätzlich angegeben werden.

Quelle: www.quality-office.de

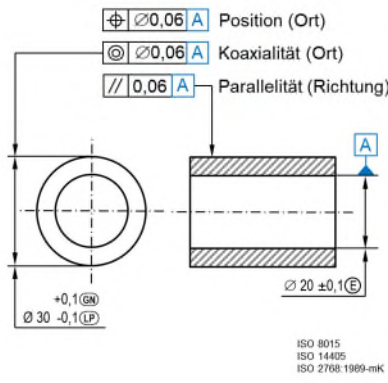
Formtoleranzen

für zylindrische Flächen
(Rotationsflächen)



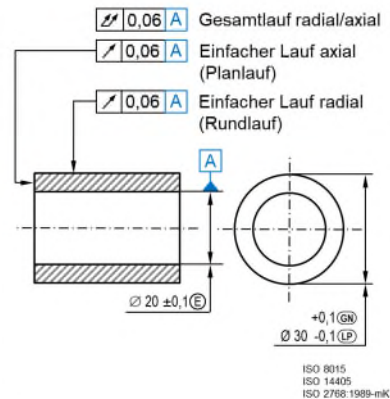
Richtungs-/Ortstoleranzen

für zylindrische Flächen
(Rotationsflächen)



Lauffoleranzen

für zylindrische Flächen
(Rotationsflächen)



Quelle: www.quality-office.de

1.7 Aktuelle ergänzende Möglichkeiten, Eintragsregeln und Symbole nach ISO 1101

Die bekannten Symbole für die Toleranzarten Form-, Richtungs-, Orts- und Lauftoleranzen haben sich nicht geändert. Es wurden weitere Symbole und Regeln zur Eintragung von Toleranzen in 2D- und 3D-Modellen eingeführt. Beispiele sind:

- 3D-Eintragsregeln
- Anzeiger zur Kennzeichnung von Schnittebenen
- Anzeiger zur Orientierung der Toleranzzone
- Anzeiger zur Tolerierung von beliebigen Querschnitten (ACS)
- Symbol zur Tolerierung im „freien Zustand“ (F)
- Symbol zur Kennzeichnung abgeleiteter Geometrielemente (A)
- Eintragung eingeschränkter Geltungsbereiche
- Eintragung der Toleranz für zusammengesetzte Geometrielemente (UF)
- Erläuterungen zu den Modifikatoren „rundum“ und „rundherum“
- Eintragung ungleichmäßig verteilter Toleranzzone (UZ)
- Eintragung separater Toleranzzonen (SZ)
- Eintragung versetzter Toleranzzone (OZ)
- geänderte Eintragung für projizierte Toleranzzonen (P)
- weitere

1.8 Beispiele für Symbole und Spezifikationsoperatoren sind im Folgenden dargestellt:

Bezeichnung	Symbol	Anwendung
Schnittebenen-Anzeiger (Richtung des tolerierten Linienelements)		
Orientierungsebenen-Anzeiger (Orientierung/Ausrichtung der Toleranzzone)		
Kollektionsebenen-Anzeiger (für „rundum tolerierte Geometrie“)		
Richtungselement-Anzeiger (Richtung der Weite/Ausdehnung der Toleranzzone)		

Quelle: www.quality-office.de

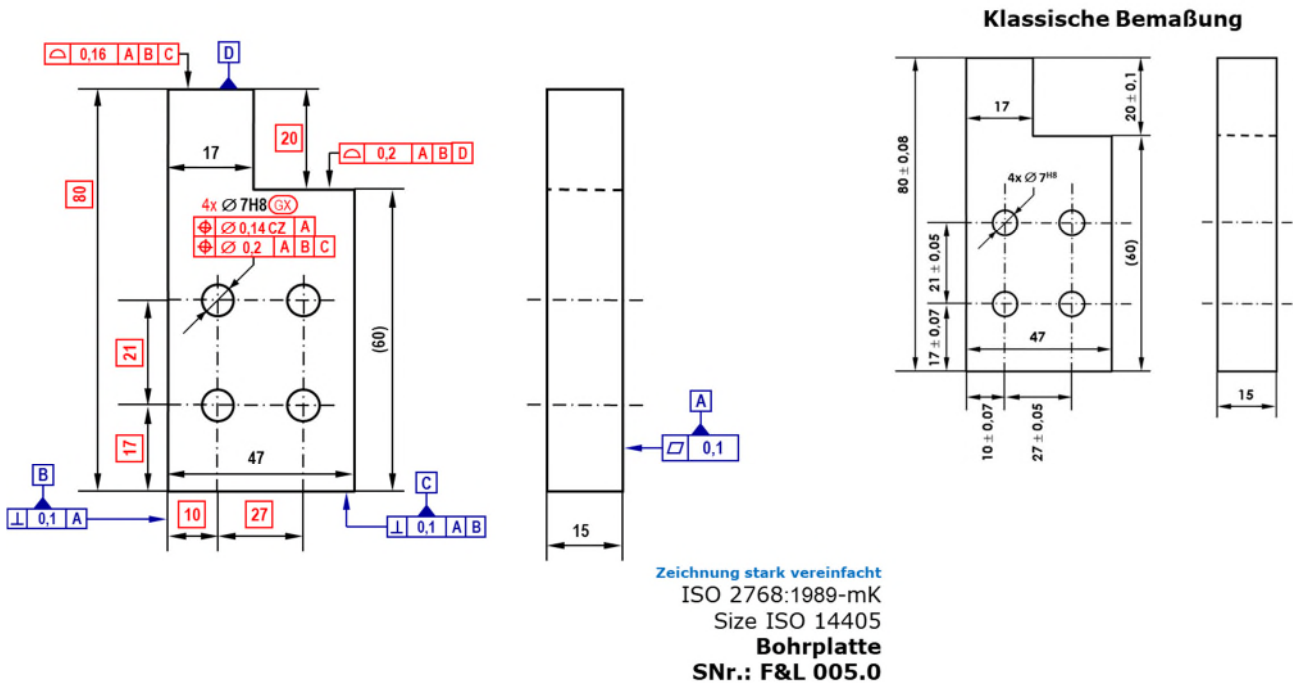
Bezeichnung	Symbol	Anwendung
Minimax-Element ¹⁾ (Tschebyschew)	(C)	Minimax-Element - Assoziationskriterium zur Auswertung der erfassten Messpunktewolke bei Linie, Ebene, Kreis, Zylinder, Kegel, Ringfläche
Kleinste-Quadrate-Element ¹⁾ (Gauß)	(G)	Gaußelement - Assoziationskriterium zur Auswertung der erfassten Messpunktewolke bei Linie, Ebene, Kreis, Zylinder, Kegel, Ringfläche
Kleinstes umschriebenes Geometrieelement ¹⁾	(N)	Hüllelement - Assoziationskriterium zur Auswertung der erfassten Messpunktewolke bei linearen Größenmaßen (z.B. Kreis, Zylinder)
Größtes einbeschriebenes Geometrieelement ¹⁾	(X)	Pferelement - Assoziationskriterium zur Auswertung der erfassten Messpunktewolke bei linearen Größenmaßen (z.B. Kreis, Zylinder)
Tangentiales Geometrieelement ¹⁾	(T)	Assoziationskriterium für Tangentialelemente außerhalb des Materials (ohne Formabweichung) bei Linien- und Flächenelementen

¹⁾ Gilt nur für Richtungs- und Lagetoleranzen mit Bezügen

Bezeichnung	Symbol	Anwendung
Maximum-Materialbedingung DIN EN ISO 2692	(M)	wechselseitige Abhängigkeit von Maß- und Form- oder Lagetoleranzen; Die geometrische Toleranz darf in Abhängigkeit des Istmaßes (MMVS) vergrößert werden.
Minimum-Materialbedingung DIN EN ISO 2692	(L)	Umkehrung des Maximum-Material-Prinzips
Reziprozitätsbedingung DIN EN ISO 2692 (Wechselseitige Toleranzausnutzung)	(R)	Ergänzt (M) und (L): Maßtoleranz darf vergrößert werden, wenn das wirksame Grenzmaß (MMVS) nicht verletzt wird
Hüllbedingung (Paarungsmaß)	(E)	Angabe bei Tolerierung nach ISO 14405-1 und ISO 8015 Unabhängigkeitsprinzip
Freier Zustand ISO 10579	(F)	Tolerierung flexibler Teile (z.B. Bleche) (nicht formstabile Teile)
Projizierte Toleranzzone	(P)	Verschiebung der Toleranzzone
Abgeleitetes Geometrieelement (Medianelement)	(A)	Mittelpunkte und Mittellinien an Rotationsflächen

1.9 Tolerierung von Nicht-Größenmaßen nach DIN EN ISO 14405-2

Beispiel zur geometrischen Tolerierung von Mittenabständen und Stufenmaßen

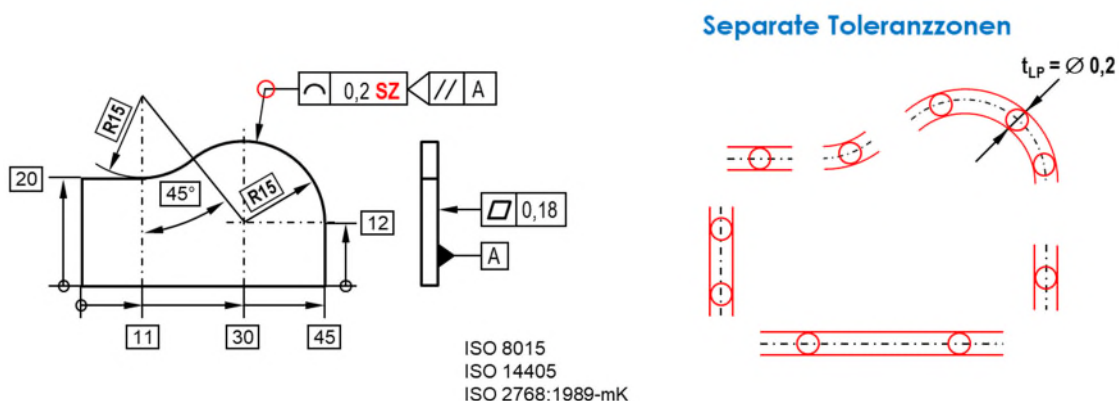


Quelle: www.quality-office.de

1.10 Linienprofilltoleranz nach ISO 1101 / ISO 1660

Linienprofilltoleranz mit Sammlungs-Anzeiger als „rundum“ tolerierte Geometrielemente und SZ-Angabe

Durch die Angabe „SZ“ werden die Toleranzzonen für einen Satz von Geometrielementen, die durch das „rundum-Symbol“ identifiziert sind, unabhängig voneinander betrachtet. Die Toleranzzonen stehen in keiner Beziehung zueinander. Die jeweiligen Linien sind unabhängig voneinander toleriert.

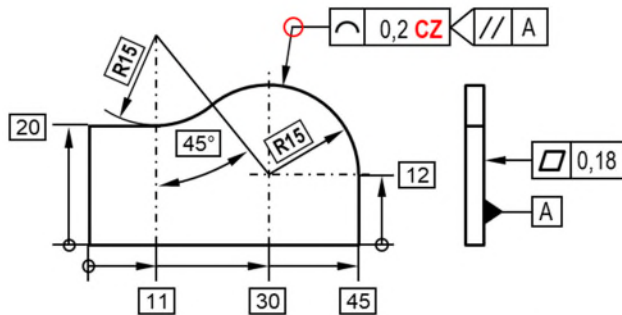


Quelle: www.quality-office.de

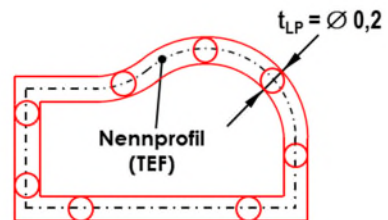
Die Nenngeometrie (TEF) muss mit TED-Maßen oder über das CAD-Modell (ISO 16792:2021-04) definiert werden! MBD – Model Base Definition (ASME Y14.41:2019)

Linienprofilltoleranz mit Sammlungs-Anzeiger als „rundum kombinierte“ Toleranzzone und CZ-Angabe

Durch die Angabe „CZ“ werden die Toleranzzonen für einen Satz von Geometrieelementen, die durch das „rundum-Symbol“ identifiziert sind, kombiniert. Die Außenkanten sind dabei scharfkantig. Toleriert sind alle Linienzüge innerhalb der kombinierten Toleranzzone.



Kombinierte Toleranzzone

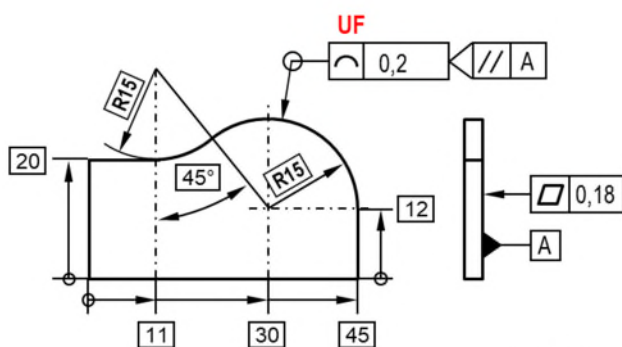


ISO 8015
ISO 14405
ISO 2768:1989-mK

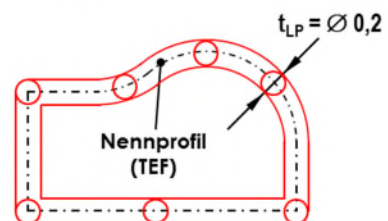
Quelle: www.quality-office.de

Linienprofilltoleranz mit Sammlungs-Anzeiger als „rundum zusammengesetztes“ Geometrieelement mit UF-Angabe

Durch die Angabe „UF“ werden die zusammengesetzten Geometrieelemente als ein Geometrieelement betrachtet, die durch das „rundum-Symbol“ zusammengefasst werden. Die Außenkanten sind dabei abgerundet. Toleriert sind alle Linienzüge auf der zusammengesetzten Fläche.



Toleranzzone für die zusammengesetzten Geometrieelemente



ISO 8015
ISO 14405
ISO 2768:1989-mK

Quelle: www.quality-office.de

