

## 1 ISO-GPS: Tolerierungsgrundsätze (Hüllprinzip – Unabhängigkeitsprinzip)

**Spezifikationen** (Toleranzen) haben aufgrund ihrer **Auswirkungen auf Funktionalität, Fertigungs- und Montagekosten** eine große Bedeutung in der Produktion von Bauteilen und -gruppen. Auch der **Qualitätsaspekt** darf nicht vernachlässigt werden. Je genauer gefertigt wird, desto zuverlässiger ist in der Regel das Bauteil hinsichtlich Montage-, Funktionssicherheit und Lebensdauer. Allerdings verteuern “übertriebene Angsttoleranzen“ die Herstellungskosten.

Auch wenn Toleranzen oftmals als ein notwendiges Übel gesehen werden, so sollte es jedem Konstrukteur klar sein, dass Werkstücke nicht exakt auf vorgegebene Sollmaße und ohne Abweichungen gefertigt werden können. Deshalb legt die Konstruktion **eindeutige zulässige Abweichungen** (Toleranzen bzw. Spezifikationen) in technischen Zeichnungen (CAD-Modellen, MBD) fest. Erst durch die sinnvolle und korrekte Anwendung von Maß-, Form-, Lage- und Oberflächentoleranzen ist die vollständige und eindeutige Beschreibung eines Werkstücks und seiner Prüfvorgaben (Verifikation) möglich.

Zunächst muss aus jeder technischen Zeichnung (CAD-Modell, MBD) eindeutig hervorgehen, nach welchem **Tolerierungsgrundsatz** diese erstellt ist, welche Fertigungsanforderungen sich daraus ergeben und welche Prüf- bzw. Messregeln (Verifikation) zur Anwendung kommen müssen.

Mögliche Tolerierungsgrundsätze:

- **Hüllprinzip** (bis Ende 2011 nach DIN 7167 – ist zurückgezogen)
- **Hüllprinzip** (aktuell nach DIN EN ISO 14405-1: Angabe im Schriftfeld: **Size ISO 14405 Ⓔ**)
- **Unabhängigkeitsprinzip** (nach DIN EN ISO 8015 – ist als Standard „default“ festgelegt)

Bis Ende 2011 galt für Zeichnungen mit Angaben über DIN-Normen zu Toleranzen und Passungen automatisch die Hüllbedingung, wenn keine anderslautenden Festlegungen wie z. B. ISO 8015 enthalten waren. Diese älteren Zeichnungen sollten, um Missverständnisse zu vermeiden, beim Überarbeiten durch folgende Angabe auf den aktuellen Stand gebracht werden: “Size ISO 14405 Ⓔ”.

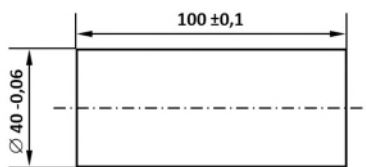
## 1.1 Tolerierung nach dem Hüllprinzip (DIN 7167 oder Angaben mit $\text{\textcircled{E}}$ )

- Einzelne Geometrieelemente, wie Zylinderflächen oder gegenüberliegende parallele ebene Flächen dürfen die geometrisch ideale Hülle des „**Maximum-Material-Größenmaßes**“ nicht durchbrechen.
- Durch die Hüllbedingung werden Parallelitätsabweichungen gegenüberliegender ebener Flächen und Formabweichungen (Geradheit, Rundheit, Zylinderform ...) durch die Maßtoleranz begrenzt.
- Die **normgerechte Prüfung** erfolgt mit einer Paarungslehre nach dem „**Taylorscher Grundsatz**“, einem Rundheitsprüfgerät (Formtester), einem Koordinatenmessgerät oder Messmethoden unter Berücksichtigung statistischer Auswertungen mit Fähigkeitsnachweisen für Maß- und Formabweichungen in Kombination.

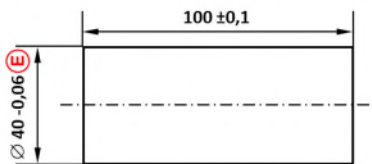
### Das Hüllprinzip gilt, wenn eine der folgenden Angaben in der Zeichnung steht:

- Keine Angabe im Schriftfeld bei alten Zeichnungen (Freigabedatum bis Dezember 2011)
- DIN 7167 im Schriftfeld bei alten Zeichnungen (wurde im Januar 2012 zurückgezogen)
- Size ISO 14405  $\text{\textcircled{E}}$  im Schriftfeld
- Size ISO 14405 im Schriftfeld und Maßangaben mit  $\text{\textcircled{E}}$
- ISO 8015 im Schriftfeld und Maßangaben mit  $\text{\textcircled{E}}$
- ISO 2768-mK-E im Schriftfeld

### Hüllbedingung (DIN 7167 oder Angaben mit $\text{\textcircled{E}}$ im Kreis)

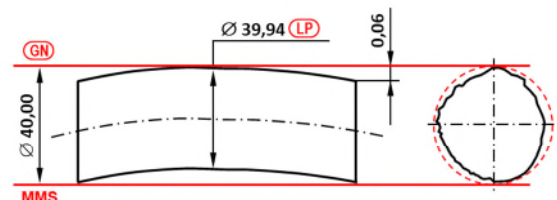


Frühere Angabe im Schriftfeld „DIN 7167“  
oder „keine Angabe“ (bis 12-2011)



Aktuelle Angabe im Schriftfeld „ISO 8015 <sup>1)</sup>“ oder „Size ISO 14405“  
(E im Kreis kann auch direkt im Schriftfeld angegeben  
werden, dann gilt es für die gesamte Zeichnung)

<sup>1)</sup> ISO 8015 muss in aktuellen Zeichnungen nicht mehr angegeben werden!  
Die Inhalte gelten seit 2012 als Standard (default-Definition)



Zulässige wirksame Hülle (Hüllzylinder)  
MMVS = MMS =  $\varnothing 40,00$

Die Maßtoleranz enthält Maß- und Formabweichungen

Die Prüfung muss nach dem  
„Taylorscher Grundsatz“ (Paarungsmaß) erfolgen

$\text{\textcircled{GN}}$  = Hüllmaß

$\text{\textcircled{LP}}$  = örtliches Zweipunktmaß

MMS = Maximum-Material-Größenmaß

MMVS = wirksames Maximum-Material-Größenmaß

Quelle: www.quality-office.de

## 1.2 Tolerierung nach dem Unabhängigkeitsprinzip (ISO 8015, ISO 14405-1)

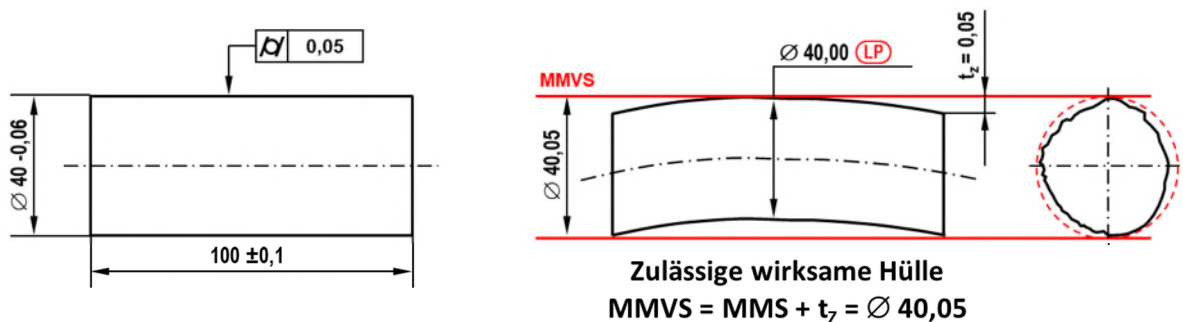
- **Maß-, Form- und Lagetoleranzen am selben Geometrieelement** dürfen **unabhängig voneinander** auftreten. Jede Toleranz wird für sich separat geprüft und beurteilt. Sie darf jeweils voll ausgenutzt werden.
- Die Ermittlung der Maßabweichung darf über die **Zweipunktmessung** erfolgen, die grundsätzlich keine Aussage über Formabweichungen zulässt. Diese ist ggf. zusätzlich zu tolerieren und mit geeigneter Messtechnik separat zu erfassen.

### Das Unabhängigkeitsprinzip gilt, wenn mindestens eine der folgenden Angaben in der Zeichnung steht:

- Keine Angaben zum Tolerierungsgrundsatz im Schriftfeld bei Zeichnungen (ab Januar 2012)
- Size ISO 14405 mit oder ohne Modifikator
- ISO 8015 (bei alten Zeichnungen bis 12-2011 und neuen Zeichnungen ab 01-2012)
- ISO 2768:1989-mK
- ISO 1101, ISO 1302, ISO 21920, ISO 5459, jede beliebige andere GPS-Norm
- Jede ISO-GPS-Norm ruft das gesamte ISO-GPS-System auf und damit gilt als Standard-Tolerierungsgrundsatz das Unabhängigkeitsprinzip.
- Alle Symbole (Rauigkeits-, Passungsangabe, Form- oder Lagetoleranz ...) aus den ISO-GPS-Normen rufen das gesamte ISO-GPS-System auf und damit gilt als Standard das Unabhängigkeitsprinzip.

### Unabhängigkeitsprinzip (DIN EN ISO 8015 und DIN EN ISO 14405-1)

- Angaben im Schriftfeld "ISO 8015" oder "ISO 14405" ohne E im Kreis  
ISO 8015 muss in aktuellen Zeichnungen nicht mehr angegeben werden!  
Die Inhalte der ISO 8015 gelten seit 2012 als Standard (default-Definition)
- Die Größenmaßtoleranz enthält nur Maßabweichungen
- Die Zylinderformabweichung ist anzugeben und darf zusätzlich zum Höchstmaß vorhanden sein
- Das wirksame Größenmaß MMVS kann größer werden als das Höchstmaß  $\varnothing 40,00$  mm



(LP) = örtliches Zweipunktmaß  
 $t_z$  = Zylinderformtoleranz  
MMS = Maximum-Material-Größenmaß  
MMVS = wirksames Maximum-Material-Größenmaß

Quelle: www.quality-office.de

## 2 ISO-GPS: Grundsätze (fundamentale Regeln) der GPS-Norm ISO 8015

Die DIN EN ISO 8015 wurde im September 2011 in einer neuen Fassung veröffentlicht.

- Die Zuordnung im ISO-GPS-System wurde geändert.
- Sie gehört jetzt zu den „**fundamentalen Grundnormen**“ und beeinflusst damit alle anderen Normen im ISO-GPS-System.
- Sie gilt für alle Kategorien geometrischer Merkmale (Zeilen) und für alle Kettenglieder (Spalten) in der ISO-GPS-Matrix und somit für alle Personen in allen Fachbereichen, die mit der Spezifikation oder Verifikation von Bauteilen zu tun haben.

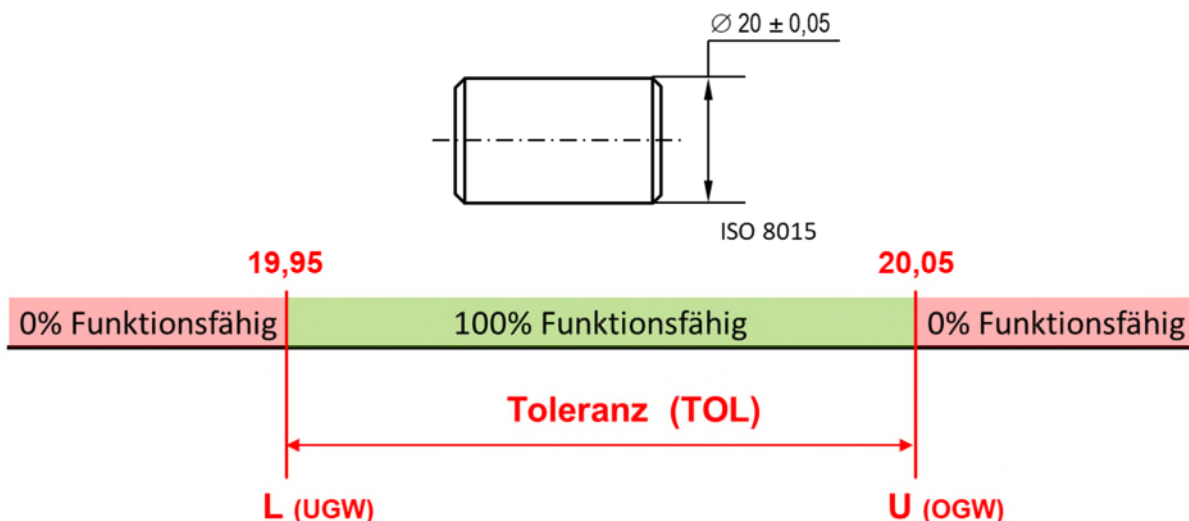
Globale GPS-Normen						
Matrix allgemeiner GPS-Normen						
Kettengliednummer	GPS-Grundnormen					
	1	2	3	4	5	6
01 Größenmaßelement	X	X	X	X	X	X
02 Abstand	X	X	X	X	X	X
03 Radius	X	X	X	X	X	X
04 Winkel	X	X	X	X	X	X
05 Form einer Linie bezugsunabhängig	X	X	X	X	X	X
06 Form einer Linie bezugsabhängig	X	X	X	X	X	X
07 Form einer Oberfläche bezugsunabhängig	X	X	X	X	X	X
08 Form einer Oberfläche bezugsabhängig	X	X	X	X	X	X
09 Richtung	X	X	X	X	X	X
10 Lage	X	X	X	X	X	X
11 Lauf	X	X	X	X	X	X
12 Gesamtlauf	X	X	X	X	X	X
13 Bezüge	X	X	X	X	X	X
14 Rauheitsprofil	X	X	X	X	X	X
15 Welligkeitsprofil	X	X	X	X	X	X
16 Primärprofil	X	X	X	X	X	X
17 Oberflächenunvollkommenheit	X	X	X	X	X	X
18 Kanten	X	X	X	X	X	X

Ergänzende GPS-Normen

### 2.1 Grundlegende Annahmen für das Lesen von Spezifikationen auf Zeichnungen

Im Kapitel 4 der ISO 8015 wird darauf eingegangen,

- dass die Festlegung der **Funktionsgrenzen** von Merkmalen an Bauteilen aufgrund von experimentellen und/oder theoretischen Untersuchungen festgelegt wurden und damit ohne Unsicherheit bekannt sind.
- dass zur Interpretation die **Toleranzgrenzen** den Funktionsgrenzen entsprechen
- dass die Bauteile bei der Interpretation des **Funktionsniveaus** zu 100% funktionieren, wenn sie innerhalb der Toleranzgrenzen liegen und nicht funktionieren, wenn sie außerhalb der Toleranzgrenzen liegen.



Quelle: www.quality-office.de

Da bei der Verifikation (Prüfung) der Werkstücke die erweiterte Messunsicherheit nach ISO 14253-1 zu berücksichtigen ist, ist es aus Konstruktionssicht nicht sinnvoll die Funktionsgrenzen weiter einzugrenzen („Angsttoleranzen“, „scheinbar erhöhte Sicherheit“).

## 2.2 Elementare Grundsätze nach DIN EN ISO 8015

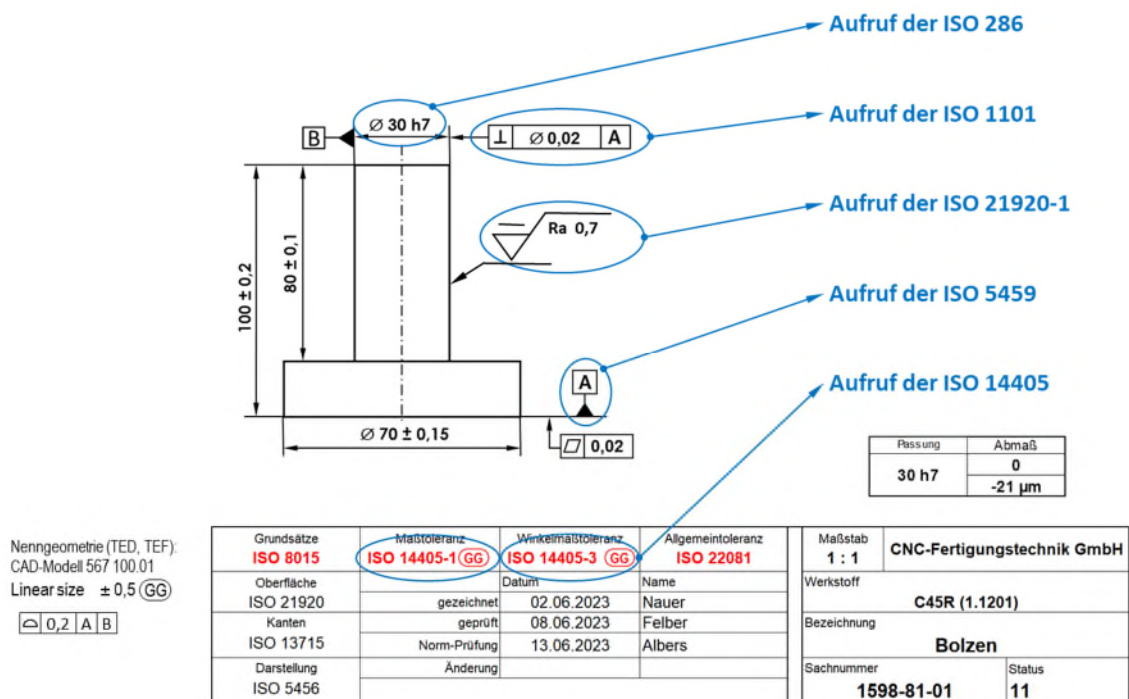
Nachfolgend erhalten Sie eine detaillierte Übersicht der **GPS-Grundsätze (ISO 8015, Kapitel 5)**:

### ISO 8015, Kapitel 5.1 Grundsatz des Aufrufens

Sobald ein Teilbereich des ISO-GPS-Systems oder Symbole zutreffender Normen in der Produktspezifikation (Maschinenbau) aufgerufen werden, **gilt das gesamte ISO-GPS-System** als aufgerufen und vereinbart.

Die Angabe „Tolerierung ISO 8015“ muss somit nicht mehr zwingend im Schriftfeld aufgeführt werden, um das Unabhängigkeitsprinzip (Standard, Kap. 5.5) anzuwenden.

Durch **jede der folgenden Angaben** in einer Zeichnung wird, durch das Aktivieren der entsprechenden GPS-Norm, das **ISO-GPS-System aufgerufen** und vereinbart. Komplementäre (ergänzende) GPS-Normen müssen jedoch explizit auf einer Zeichnung aufgerufen werden, wenn deren Regeln zur Anwendung kommen sollen. Allgemeine globale Angaben am Schriftfeld sind möglich.



Quelle: www.quality-office.de

### ISO 8015, Kapitel 5.2 Grundsatz der GPS-Normenhierarchie

Die Normen des ISO-GPS-Systems sind entsprechend anzuwenden. Werden keine individuellen Regeln festgelegt (vereinbart), gelten grundsätzlich die Regeln der höheren Normenebenen immer auch zusätzlich für die niedrigeren Normenebenen.

#### ISO-GPS-Normenhierarchie

- Fundamentale ISO-GPS-Normen
- Allgemeine ISO-GPS-Normen
- Komplementäre ISO-GPS-Normen

### ISO 8015, Kapitel 5.3 Grundsatz der bestimmenden Zeichnung

**Spezifikationsanforderungen, die nicht auf der Zeichnung** (gesamte Dokumentation zur Spezifikation des Werkstückes) angegeben sind, **können vertragsrechtlich nicht geltend gemacht werden**. Diese Anforderungen können sich auf unterschiedliche Zustände (Rohteil, Bauteil mit Beschichtung ...) beziehen. Diese sind bis auf den Fertigteil-Zustand entsprechend anzugeben.

Anmerkung: Spezifikationen, die auf andere rechtskonforme Art und Weise (z.B. Werknorm, QS-Vereinbarung, Messabstimmung ...) vereinbart werden, haben Gültigkeit und bilden eine Ausnahme.

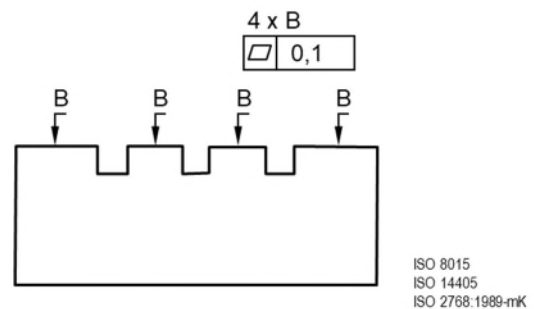
### ISO 8015, Kapitel 5.4 Grundsatz des Geometrieelementes

Wenn nicht anders angegeben, gilt jede GPS-Spezifikation nur für ein einziges Geometrieelement oder für eine einzige Beziehung zwischen Geometrieelementen.

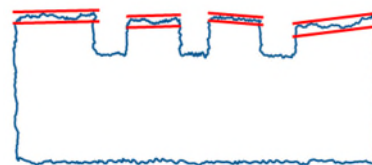
Änderungen für Teilbereiche, Querschnitte, Längsschnitte (Lang-Strich-Zweipunktlinie, ACS, Hinweispeile ...) oder für kombinierte Bereiche (CZ, Hinweispeile ...) aus mehreren Geometrieelementen müssen angegeben werden.

ACS – any cross section (jeder beliebige Querschnitt)  
CZ – combined zone (kombinierte „Toleranz“-Zone)

#### Beispiel 1

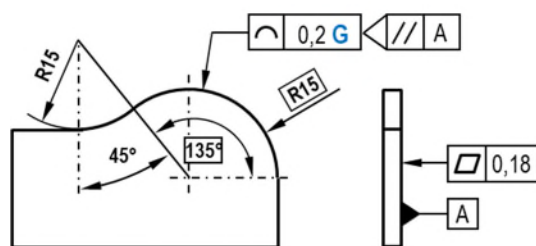


#### 4 separate Toleranzzonen



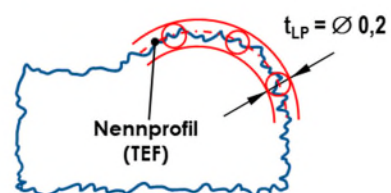
Quelle: www.quality-office.de

#### Beispiel 2



ISO 8015  
ISO 14405  
ISO 2768:1989-mK

#### Toleranzzone

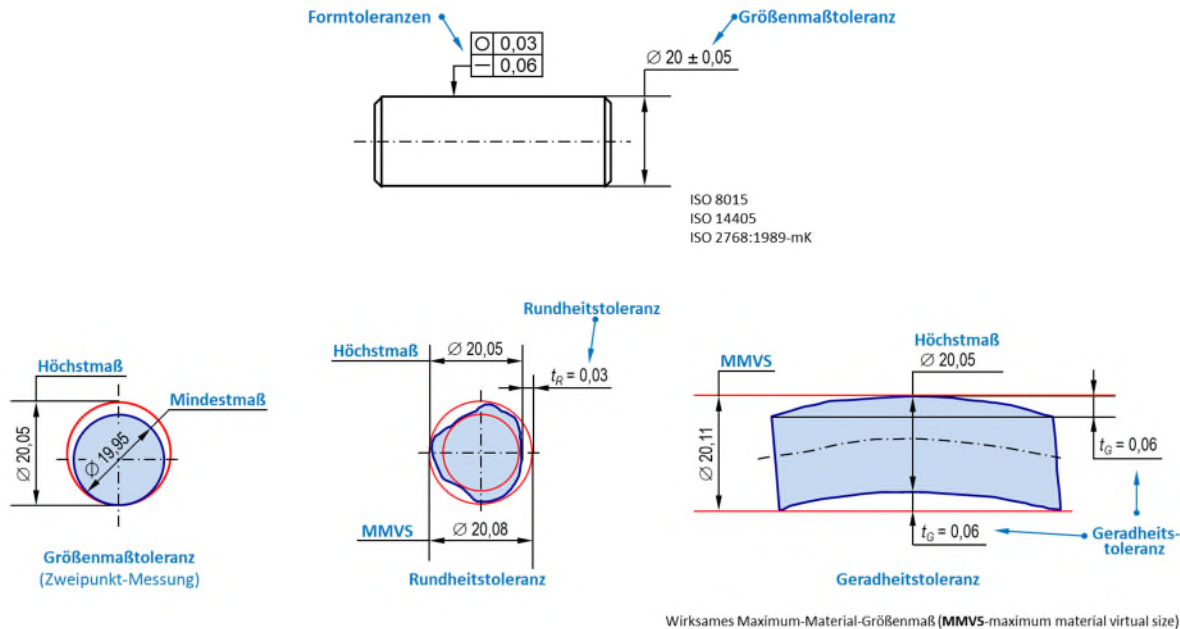


Quelle: www.quality-office.de



### ISO 8015, Kapitel 5.5 Grundsatz der Unabhängigkeit

Wenn nicht anders angegeben, muss **jede GPS-Anforderung** (Toleranz, Spezifikation, Modifikator ...) an ein Geometrieelement oder eine Beziehung zwischen Geometrieelementen **unabhängig von anderen Anforderungen erfüllt werden** (Tolerierungsgrundsatz „Unabhängigkeitsprinzip“). Ausnahmen können durch entsprechende GPS-Modifikationssymbole (CZ, E, M, GX, GN ...) eingetragen werden.



Wirksames Maximum-Material-Größenmaß (MMVS-maximum material virtual size)

Quelle: www.quality-office.de

Die wirksamen Maße (MMVS) sind nach diesen Vorgaben toleranzhaltig und können nicht reklamiert werden!

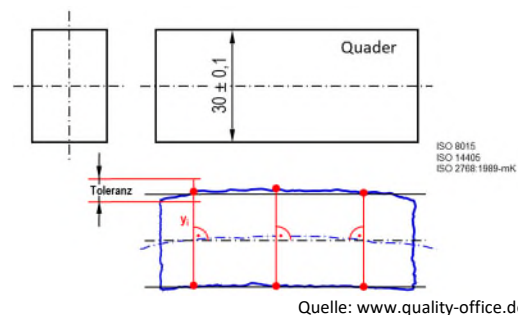
### ISO 8015, Kapitel 5.6 Grundsatz der Dezimaldarstellung

Nicht angegebene Dezimalstellen in GPS-Normen und auf Zeichnungen sind Nullen.  
Beispiele: 12,5 = 12,5000... oder  $\pm 0,3 = \pm 0,3000...$

### ISO 8015, Kapitel 5.7 Grundsatz der Standardfestlegung

**Standardspezifikationsoperatoren** (Beispiel:  $\text{LP}$  **Zweipunktgrößenmaß**) werden durch die GPS-Normen festgelegt und sind somit nicht unmittelbar in einer Zeichnung sichtbar. Durch die Verwendung von Modifikationssymbolen (Beispiele: E Hüllbedingung, GX Pferchmaß, GN Hüllmaß ...) auf einer Zeichnung können die Standardoperatoren (default-Definitionen) geändert werden.

Das Zweipunktgrößenmaß  $30 \pm 0,1$  mm  
(Abstand zweier gegenüberliegender Punkte)  
wird senkrecht zur Gauß-Mittelebene erfasst.



Quelle: www.quality-office.de

Anmerkung: Änderungen für Hüllbedingung, gemeinsame Toleranzzone, kunden- oder unternehmensspezifische Spezifikationen usw. müssen durch entsprechende Angaben in der Zeichnung am jeweiligen Merkmal oder in der Nähe des Schriftfeldes vorgenommen werden.

### ISO 8015, Kapitel 5.8 Grundsatz der Referenzbedingungen

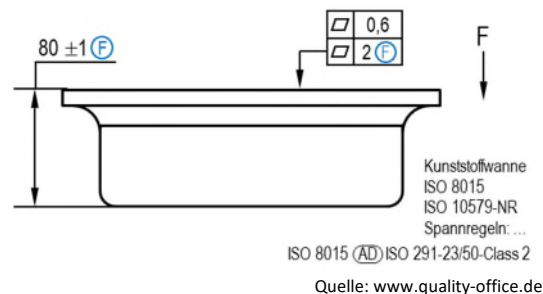
GPS-Spezifikationen gelten bei der **Standardreferenztemperatur** (20°C) nach DIN EN ISO 1 und **bei nicht verschmutztem Werkstück**. Andere **zusätzliche Bedingungen** (Reinheit, Feuchtigkeit ...) müssen auf einer Zeichnung angegeben werden. Die Standardreferenztemperatur (20°C) ist in der DIN EN ISO 1 für dimensionelle und geometrische Eigenschaften für die Verifikation von Werkstücken und für die Kalibrierung von Messsystemen international vereinbart.

Andere Referenztemperaturen (z.B. für Kunststoffformteile nach ISO 291) müssen bei Bedarf auf der Zeichnung angegeben werden.

### ISO 8015, Kapitel 5.9 Grundsatz des starren Werkstücks

**GPS-Spezifikationen gelten für Werkstücke mit theoretisch unendlich großer Steifigkeit in freiem Zustand** ohne Verformungen durch äußere Kräfte, die z. B. durch Spannkkräfte oder die Schwerkraft entstehen können.

Andere zusätzliche Bedingungen für **nicht-formstabile Bauteile** (z.B. „**Messen in freiem Zustand**  $\text{\textcircled{F}}$ “ nach ISO 10579) müssen auf einer Zeichnung angegeben werden. Dazu gehören die Aufspannregeln, die Schwerkraftrichtung und die Angabe eines Bezugssystems bei Richtungs- und Ortstoleranzen.



### ISO 8015, Kapitel 5.10 Grundsatz der Dualität (wechselseitige Aufgabenteilung)

Durch **Spezifikationsoperatoren** (Zeichnungsangaben) werden die Messgrößen für die Spezifikationen von Geometrieelementen, unabhängig von einem Messsystem oder einem Messverfahren, vollständig und eindeutig vom Konstrukteur angegeben. Mehrdeutigkeiten werden dadurch beseitigt.

**Verifikationsoperatoren** werden bei der Prüfplanung so festgelegt, dass sie den Spezifikationsoperatoren ausreichend nahekommen. Sie beschreiben die Art und Weise (Prüf-, Messmethode, Messsystem...) wie Spezifikationsoperatoren überprüft werden. Vorhandene Verfahrensunsicherheiten (**Messunsicherheiten**) sind entsprechend (ISO 14253-1) zu berücksichtigen.

### ISO 8015, Kapitel 5.11 Grundsatz der Funktionsbeherrschung

Die **Funktionen eines Werkstückes** sind durch die Angaben zutreffender GPS-Spezifikationsoperatoren (Funktionsoperatoren) **vollständig zu beschreiben**. Mehrdeutigkeiten sind von der Konstruktion zu verantworten (siehe Kap. 5.13).

Zur Gewährleistung der **Funktionsbeherrschung** werden die **Funktionsoperatoren** durch die **Spezifikationsoperatoren** angenähert und diese werden entsprechend durch die **Verifikationsoperatoren** angenähert.



### ISO 8015, Kapitel 5.12 Grundsatz der allgemeinen Spezifikation

Für alle Merkmale eines Geometrieelementes oder Beziehungen zwischen Geometrieelementen, für die keine individuelle GPS-Spezifikationen festgelegt wurden, **gelten die angegebenen allgemeinen GPS-Spezifikationen** (default-Definitionen), die in den **relevanten Normen** (globale Angaben wie zum Beispiel ISO 2768, ISO 8062, ISO 20457, ISO 22081, DIN 2769 ...) festgelegt und in der **Nähe des Schriftfeldes angegeben** sind.

Wenn mehrere allgemeine Spezifikationen angegeben wurden, die widersprüchlich (mehrdeutig) zueinander sind, müssen erklärende Formulierungen ergänzt werden. **Wird keine Erklärung formuliert, gilt die toleranteste (größte) Spezifikation.** (Siehe auch DIN 30630:2008 – Allgemeintoleranzen in mechanischer Technik – Toleranzregel und Übersicht)

### ISO 8015, Kapitel 5.13 Grundsatz der Verantwortlichkeit

Die **Verantwortung für die vollständigen und eindeutigen Angaben** der GPS-Spezifikationsoperatoren (Funktionsoperatoren) **liegt beim Konstrukteur.** Er hat mehrdeutige Auslegungen zu verantworten.

Die Festlegung **geeigneter Verifikationsoperatoren** und Messsystemen wird unter Berücksichtigung der vorhandenen Messunsicherheit (siehe ISO 14253-1) von dem **Fachbereich** verantwortet, **welcher den Nachweis** der Übereinstimmung oder Nichtübereinstimmung **mit den Spezifikationen führt** (Qualitätssicherung, Prüfplanung, Fertigungsüberwachung, Wareneingang ...).

Zur Gewährleistung der **Funktionsbeherrschung** werden die **Funktionsoperatoren** durch die **Spezifikationsoperatoren** angenähert und diese werden entsprechend durch die **Verifikationsoperatoren** angenähert.

### ISO 8015, Kapitel 6.3 Abgewandelte standardmäßige GPS-Spezifikation

Wenn Normen, Regelwerke oder andere Festlegungen zur Anwendung kommen, die keine ISO-GPS-Normen sind, kann dies als **abgewandelter Standard** zum Beispiel durch folgende Angaben in der Nähe des Schriftfeldes eingetragen werden.

Tolerierung ISO 8015 <sup>(AD)</sup> 1 DIN EN ISO 291:2008-08-23/50-Class 2

Tolerierung ISO 8015 <sup>(AD)</sup> 2 Werknorm 38.415.2011-02

Sind mehrere Angaben erforderlich, müssen sie nummeriert werden.  
„AD“ bedeutet „altered default“ (abgewandelter Standard)

### ISO 8015, Kapitel 8 Regeln für eingeklammerte Angaben

**Eingeklammerte Angaben** dienen nur zur Information und stellen keinen wesentlichen Teil der Spezifikation (Anforderung an das Bauteil) dar. Die Regel aus der ISO 8015 sollte zwischen den Vertragspartnern genau vereinbart werden, weil hier nicht die Art und Form der Klammer festgelegt ist.

Wie auch in anderen Normen (z.B. **ISO 129-1**) beschrieben, sollte man sich auf **runde Klammern** einigen. Diese Maße werden dann als **Hilfsmaße** bezeichnet.