

# Geometrische Produktspezifikation GPS

## Konsequenzen für die Tolerierung von Maßelementen

Dr.-Ing. Gunter Effenberger,  
TEQ® Training & Consulting GmbH

### Vorbemerkungen

In den letzten Ausgaben der PIQ® (Ausgabe 01/2012, 02/2012 und 01/2013) wurden in dieser Artikelreihe bereits Beiträge über wesentliche, zur Geometriebeschreibung erforderliche Normen des GPS-Konzeptes veröffentlicht. Bisher erschienen sind:

- Geometrische Produktspezifikation GPS - eine unvollständige Bestandsaufnahme (PIQ 01/2012)
- Geometrische Produktspezifikation GPS - Die GPS-Grundnorm DIN EN ISO 8015 (PIQ 02/2012)
- Geometrische Produktspezifikation GPS - Die allgemeine GPS-Norm zur Beschreibung und Tolerierung von Längenmaßen - DIN EN ISO 14405-1.

Nach der Veröffentlichung der letztgenannten GPS-Norm zur Tolerierung von Längenmaßen (DIN EN ISO 14405-1) für die Maßelemente Kreis, Zylinder, Kugel, Parallel-Linienpaar und Parallel-Ebenenpaar im April 2011 zog das Deutsche Institut für Normung die DIN-Norm 7167 „Zusammenhang zwischen Maß-, Form- und Parallelitätstoleranzen; Hüllbedingung ohne Zeichnungseintragung“ im November des gleichen Jahres zurück. Damit wurde der Allgemeingültigkeit der Hüllbedingung auf den Zeichnungen, die auf Grundlage von DIN autorisierten Normen entstanden sind, die Grundlage entzogen. Die sich daraus ergebenden Konsequenzen waren für die eher unkundigen Anwender der GPS-Normen kaum erkennbar. Es bestand oder besteht immer noch in vielen Unternehmen die Gefahr, durch den Grundsatz des Aufrufens (Regel 1 nach DIN EN ISO 8015) und dem Zitieren resp. Aufrufen einer Norm des Systems das gesamte GPS-System zu vereinbaren. Damit wird das Unabhängigkeitsprinzip (Regel 5 der ISO 8015) akzeptiert und für verbindlich erklärt und die Hüllbedingung außer Kraft gesetzt. Über diese Zusammenhänge und etwaige Konsequenzen möchte dieser Beitrag aufklären.

### Frühere Zeichnungspraxis

In vielen deutschen Unternehmen war es Praxis, für die Längenmaße der geometrischen Elemente Zylinder, Kreis, Kugel, parallel liegende Ebenen und parallel liegende Linien die Hüllbedingung ohne Zeichnungseintragung auf Grundlage der DIN 7167 zu tolerieren. Im Abschnitt 2 dieser Norm heißt es sinngemäß (Zitat nicht wortgetreu):

„In Zeichnungen, denen DIN-Normen über Toleranzen und Passungen zu Grunde liegen und in denen keine anderslautenden Festlegungen enthalten sind, gilt die Hüllbedingung ohne Zeichnungseintragung für alle einzelnen Maßelemente. Die geometrisch ideale Hülle mit Maximum-Material-Maß des Maßtoleranzintervalls darf für ein einzelnes Maßelement nicht durchbrochen werden.“

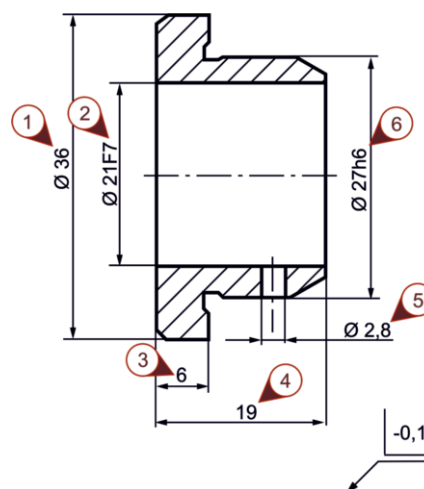
Um diese Konstruktionsanforderung am Bauteil nachzuweisen, wurde bekannterweise auf die von Taylor begründete Paarungsprüfung (Lehrdorn, Lehrhülse, Lehrherring) zurückgegriffen. Negative Auswirkungen von Form- und Lageabweichungen auf die Paarungsfähigkeit, die mit einem Zweipunktverfahren nicht erkannt werden können, wie z. B. dreieckige Zylinder, gekrümmte Zylinder oder gebogene Platten, wurden damit verhindert.

Nachstehende Zeichnung einer Flanscbuchse, Abbildung 1, herausgegeben im Mai 2001, vereinbart ohne Zeichnungseintragung die Hüllbedingung, weil die Merkmale 2 und 6 Passmaße sind und diese sich auf

eine Norm über Toleranzen und Passungen (DIN ISO 286:1990) beziehen.

(Anmerkung: Diese Zeichnung sowie alle folgenden Zeichnungsbeispiele sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht vollständig bemaßt und toleriert. Sie enthalten nur die für dieses Thema relevanten Informationen.)

Da es sich bei allen anderen bezifferten Merkmalen auch um Zylinder und parallel liegende Ebenen handelt, musste in strenger Auslegung von DIN 7167 auch hier



Allgemeintol.	Oberflächen	Körperkanten	Maßstab	2:1
ISO 2768 m - K	ISO 1302	ISO 13715	Werkstoff	16 Mn Cr 5
Datum	Name	Bezeichnung		
Bearb. 01.05.01	Meier	Flanscbuchse		
Gepr. 10.05.01	Müller	TEQ		
Norm.		Blatt 1 von 1		

Abbildung 1

die Paarungsfähigkeit dieser Maße bei Maximum-Material-Grenzmaß abgesichert werden. Nur für das Merkmal 3 ist diese Aussage nicht zutreffend, da die Flanschbreite nicht paarend geprüft werden kann.

Es ist zu vermuten, dass in der industriellen Praxis dieser Grundsatz häufig aus Unkenntnis oder auf Grund fehlender Prüfmittel unterlaufen wurde und eine einfache Zweipunktmessung bei allen Merkmalen, außer 2 und 6, ausgeführt wurde. Kritisch wurde diese Nachlässigkeit nur dann, wenn es bei Montagen zu Paarungsproblemen kam und der Montagebetrieb diese nicht paarungsfähigen Bauteile von einem Lieferanten bezog. Dann konnte sich der Montagebetrieb im Reklamationsvorgang auf die Missachtung von DIN 7167 berufen, selbst dann, wenn die Paarungsmerkmale nicht mit Toleranzklassen aus dem Passmaßsystem verknüpft waren!

### Konsequenzen der formalen Übernahme der früheren Zeichnungspraxis

Wäre die Flanschbuchse mit unverändertem Design 11 Jahre später, also im Mai 2012, konstruiert und die Zeichnung mit dem Wissen, dass die Hüllbedingung ohne Zeichnungseintrag weiterhin gilt, in Umlauf gegeben worden, würde sich die Situation folgendermaßen darstellen.

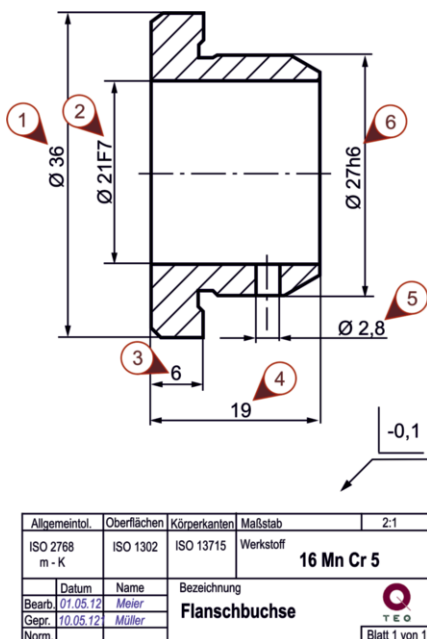


Abbildung 2

Die Zeichnung in Abbildung 2 ist in allen Details unverändert zur Abbildung 1, nur das Herausgabedatum liegt nunmehr im Mai 2012. Für die Interpretation der Maßeintragungen ist dieses Datum von Bedeutung.

Da die Zeichnung, Abbildung 2, am 10.05.2012 freigegeben worden ist, ist die

#### DIN EN ISO 8015:2011-09

Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Grundlagen – Konzepte, Prinzipien und Regeln

anzuwenden.

Diese globale Norm des GPS-Systems legt wiederum in Regel 1 fest, dass durch Aufrufen eines Teiles des GPS-Systems das vollständige System aktiviert wird. In der Zeichnung wird für die Tolerierung der Oberflächenbeschaffenheit die ISO 1302 und für den Entgratungszustand der Körperkanten die ISO 13715 herangezogen bzw. aufgerufen. Beide Normen sind allgemeine Normen des GPS-Systems. Zusätzlich wird in Regel 5 dieser Norm das Unabhängigkeitsprinzip und nicht die Hüllbedingung als Tolerierungsgrundsatz präferiert.

Mit der Angabe von Passmaßen auf der Zeichnung (Merkmale 2 und 6) wird die GPS-Norm

#### DIN EN ISO 286-1:2010-11

Geometrische Produktspezifikation (GPS) - ISO-Toleranzsystem für Längenmaße – Teil 1: Grundlagen für Toleranzen, Abmaße und Passungen (ISO 286-1:2010)

aktiviert.

Durch Angabe aller weiteren Längenmaße auf der Zeichnung muss die Norm

#### DIN EN ISO 14405-1:2011-04

Geometrische Produktspezifikation (GPS) - Dimensionelle Tolerierung - Teil 1: Längenmaße (ISO 14405-1:2010)

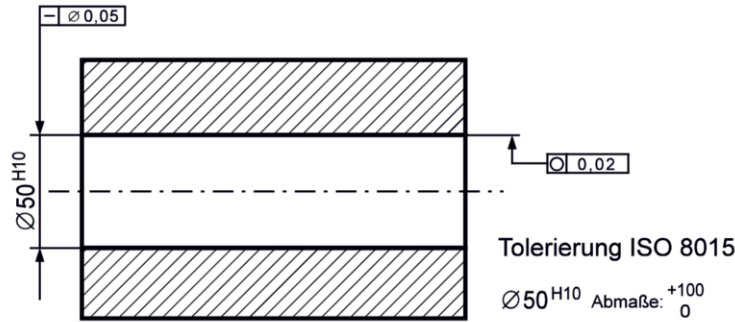
zur Interpretation der Maßmerkmale genutzt werden.

Da sowohl DIN EN ISO 286 in der Fassung vom November 2010 als auch DIN EN ISO 14405-1 das örtliche Zweipunktmaß für die Funktionsbewertung von Längenmaßen für Zylinder und parallel liegende Ebenen festgelegt haben, ist die Passungsfunktion an den Merkmalen 2 und 6 nun nicht mehr zwingend abzusichern! Formabweichungen, wie die Dreieckform im Zylinderquerschnitt und die Krümmung von Zylinderachsen, können gemäß Unabhängigkeitsprinzip ihren Maximalwert auch dann annehmen, wenn das Zweipunktmaß am Maximum-Material-Grenzmaß liegt. Damit ist nicht mehr sicherzustellen, dass das wirksame Maß (früher Paarungsmaß) die geometrisch ideale Hülle mit Maximum-Material-Maß nicht durchbricht (s. Abbildung 3).

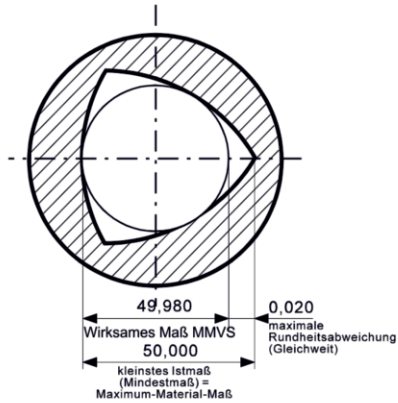
Für das gewählte Zeichnungsbeispiel aus Abbildung 2 könnte sich daher folgende Situation ergeben. Das Merkmal 2 als Passmaß Ø 21 F7 (+41 µm / +20 µm) hat eine Maßtoleranz von 21 µm, das Maximum-Material-Grenzmaß (Mindestmaß) beträgt 21,020 mm. Durch Bezug auf ISO 2768 darf die Rundheitsabweichung dieses Zylinders so groß sein wie die Maßtoleranz, also 21 µm. Das wirksame Maß (Paarungsmaß) kann also im ungünstigsten Fall 20,999 mm (21,020 mm - 0,021 mm) betragen (s. Abbildung 4).

Die durch die formale Übernahme der früheren Zeichnungspraxis erwartete Anwendung der Hüllbedingung ist auf diese Art und Weise nicht mehr zu vereinbaren, geschweige denn zu garantieren.

## Zeichnungseintragung:

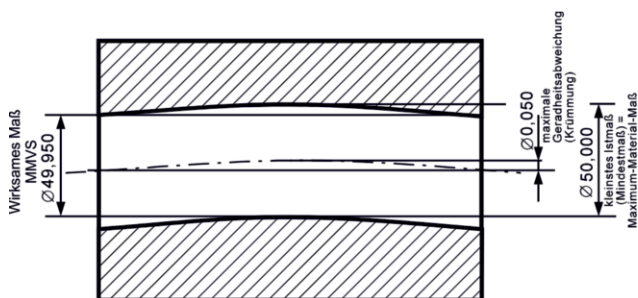


## Interpretation des Unabhängigkeitsprinzipes im Radialschnitt:



Obwohl alle Istmaße am Maximum-Material-Maß liegen, darf Formabweichung ihren zulässigen Höchstwert annehmen. Toleranzfestlegungen sind unabhängig voneinander eingehalten.

## Interpretation des Unabhängigkeitsprinzipes im Axialschnitt:



Obwohl alle Istmaße am Maximum-Material-Maß liegen, darf Formabweichung ihren zulässigen Höchstwert annehmen. Toleranzfestlegungen sind unabhängig voneinander eingehalten.

Abbildung 3

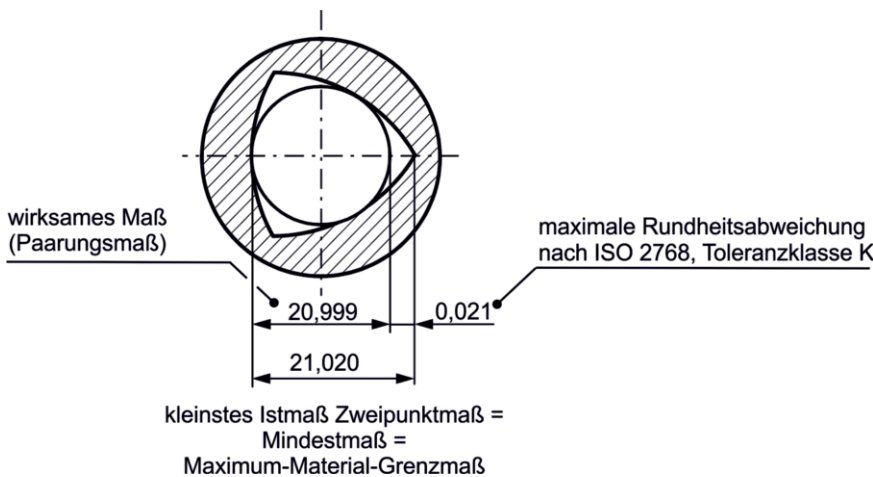


Abbildung 4



## ... genau, robust und zuverlässig

Messsysteme von Magnescape bieten höchste Auflösung, Genauigkeit und Langlebigkeit, auch unter härtesten Bedingungen. Unser Programm umfasst:

- Absolute Längen- und Winkelmesssysteme bis 10 nm Auflösung, für CNC Maschinen
- Längenmesssysteme und Anzeigen, bis 30 m Messlänge für manuelle Werkzeugmaschinen
- Inkrementelle Messtaster, Anzeigen und Interfacemodule für die Qualitätskontrolle

## Jetzt weitere Informationen anfordern!

Magnescape Europe GmbH  
 Tel. +49-(0)7153-934-291  
 info-eu@magnescape.com  
 www.magnescape.com

Die sich daraus ergebenden Konsequenzen könnten sich so darstellen:

- o Die Qualitätsprüfung erfolgt nicht so, wie bei Anwendung der Hüllbedingung erwünscht; die „vorgezogene Montage“ mittels Lehren unterbleibt.
- o Schwierigkeiten im Montageprozess können mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auftreten.
- o Bei Eigenfertigung müssen die Montageprobleme mit den internen Fertigungsbereichen abgeklärt werden (anerkannte interne Reklamation).
- o Bei Fertigung durch externe Lieferanten kann die Reklamation von diesem abgelehnt werden, da zeichnungskonform gefertigt wurde. Das kann zu hohen Fehlerkosten durch kostenpflichtige Nachlieferung führen und natürlich auch zu Liefer-schwierigkeiten durch Zeitverzug.

### Konsequenzen für die Erstellung von Konstruktionsdokumenten

Das GPS-System bietet nunmehr folgende zwei Möglichkeiten, die Hüllbedingung weiterhin auf den Zeichnungen zu verankern:

- o Variante 1: Zuordnung der Hüllbedingung zu einzelnen ausgewählten Maßelementen
- o Variante 2: Zuordnung der Hüllbedingung zu sämtlichen Maßelementen auf einer Zeichnung.

#### Variante 1: Hüllbedingung am Einzelmerkmal

Schon seit 1986 ist die Zuordnung der Hüllbedingung zu einzelnen Maßelementen mit dem Modifikationssymbol  $\textcircled{E}$  (E...envelope...Hülle) eingeführt. Dieses Symbol wird auch in ISO 14405-1 empfohlen (s. PIQ Ausgabe 01/2013). Das Zeichnungsbeispiel Flanschbuchse müsste dann wie in Abbildung 5 ausgeführt werden.

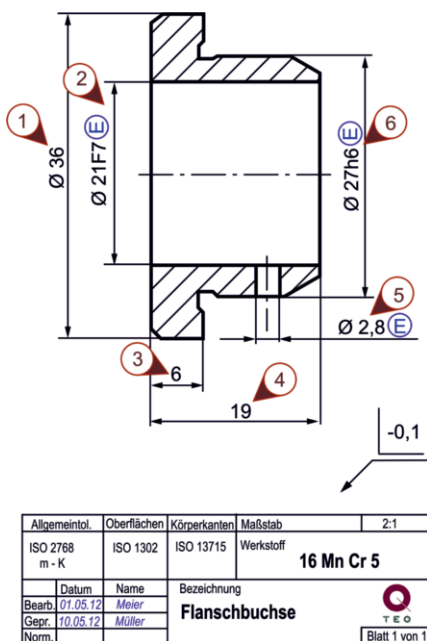


Abbildung 5

Paarungsrelevante Merkmale sind die beiden Passmaße 2 und 6 sowie Merkmal 5.

Folgende Vorteile sind mit Anwendung dieser Variante 1 verbunden:

- o Ein gründliches Durcharbeiten der Zeichnung führt dazu, wirklich nur die funktionellen, paarungsrelevanten Maßelemente zu kennzeichnen. Nur diese sind dann nach den Kriterien der Hüllbedingung zu überwachen.
- o Das verringert zweifellos den Prüfaufwand. In der Folge können die Prüfkosten sinken.
- o Der Prüfer bekommt über das Symbol  $\textcircled{E}$  wichtige Hinweise zur Bauteilfunktion und zur Prüfnotwendigkeit.
- o Auch ein mit einer Allgmeintoleranz versehenes Maßelement (Merkmal 5) kann so unter die Hüllbedingung gestellt werden.

Vorrangig die Konstrukteure könnten aber auch Nachteile dieser Tolerierungsvariante erkennen:

- o Es könnten Maßelemente, die zu paaren sind, bzgl. der Tolerierung unter Paarungsgesichtspunkten schlichtweg übersehen werden. Diese werden nun nicht mehr über die Allgemeingültigkeit der Hüllbedingung „abgefangen“.
- o Es wird ein höherer Aufwand und eine konzentrierte Arbeitsweise beim Durcharbeiten der Zeichnung vermutet oder erwartet.

Diese letzten Bedenken sind aus Sicht der Konstrukteure nicht ganz unbegründet. Letztlich ist der DIN ISO 8015 in der Ausgabe von 1986 mit dem Titel „Tolerierungsgrundsatz - Unabhängigkeitsprinzip“ mit dem Gegenentwurf der DIN 7167 „Zusammenhang zwischen Maß-, Form- und Parallelitätstoleranzen - Hüllbedingung ohne Zeichnungseintrag“ im Jahr 1987 nahezu eine Abfuhr erteilt worden. Und in der Tat war der Eintrag „Tolerierung ISO 8015:1986“ auf wenigen Zeichnungen zu finden.

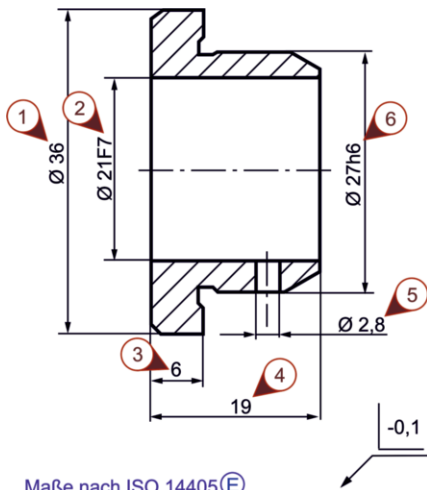
#### Variante 2: Hüllbedingung für alle Maßelemente auf einer Zeichnung

Das GPS-System lässt durch Regel 7 der DIN EN ISO 8015 die Vereinbarung eines sogenannten zeichnungs-spezifischen Spezifikationsoperators zu, der in der Nähe des Schriftfeldes oder im Schriftfeld anzubringen ist (s. Abbildung 6 und s. PIQ 01/2013).

Alle Maßelemente außer Merkmal 3 sind hier mit der Hüllbedingung verknüpft.

Folgende Vorteile sind damit verbunden:

- o An der bis dato üblichen Zeichnungspraxis ändert sich nichts.
- o Es werden keine Maßelemente, die zu paaren sind, bzgl. der Tolerierung unter Paarungsgesichtspunkten übersehen.
- o Produkte, deren Maße nicht als Passmaße gekennzeichnet worden sind und die in der Montage



Maße nach ISO 14405(E)

Allgemeintol.	Oberflächen	Körperkanten	Maßstab	2:1
ISO 2768 m - K	ISO 1302	ISO 13715	Werkstoff	16 Mn Cr 5
Datum	Name	Bezeichnung		
Bearb. 01.05.01	Meier	Flanschbuchse		
Gepr. 10.05.01	Müller	TEQ		
Norm.		Blatt 1 von 1		

Abbildung 6

nicht gepaart werden können, können dennoch auf Basis Verletzung der Hüllbedingung reklamiert werden. Natürlich nur dann, wenn die Nicht-Montierbarkeit mit einer Verletzung des Maßes der Maximum-Material-Hülle begründet werden kann.

- o Über den Vermerk „Maße nach ISO 14405“ wird noch eindeutiger darauf verwiesen, das GPS-

System für die Geometrietolerierung zu nutzen.

Vorrangig die Qualitätssicherer werden die Nachteile dieser Tolerierungsvariante erkennen:

- o Viele Maße sind durch die globale Verwendung der Hüllbedingung „übertoleriert“, wie z. B. die Merkmale 1 und 4.
- o Die Q-Prüfung wird, wenn wirklich alle Maßmerkmale bzgl. Einhaltung der Hülle geprüft werden würden, aufwändig und führt zu hohen Prüfkosten.
- o Logische Folge ist, dass die Q-Prüfer selbst entscheiden, wann gelehrt und wann ein Zweipunktverfahren genutzt wird. Wichtige Paarungsprüfungen könnten übersehen werden.
- o Wird die Hüllbedingung global für eine Zeichnung vereinbart, dann gilt sie streng genommen auch für die mit Allgmeintoleranzen tolerierten Maßelemente. Das wird in vielen Fällen eine überzogene Forderung sein.

Eher beiläufig sei bemerkt, dass alle Zeichnungen auf Basis des amerikanischen Standards ASME Y14.5 in der Fassung von 1994 und auch in der aktuellen Fassung aus dem Jahr 2009 die generelle Anwendung der Hüllbedingung ohne gesonderten Zeichnungseintrag vorsehen.

# Wir optimieren Ihre Datenerfassung

## qs-STAT jetzt noch effizienter einsetzen



Beleg ausdrucken



Ausfüllen



Einscannen



Auswerten

### Regelkarten in Sekunden auswerten

- ✓ Zeit einsparen
- ✓ Datenqualität verbessern
- ✓ Sofort einsetzbar
- ✓ Unschlagbar günstig

### ScanAlly Software-Paket

Kaufpreis: **995,- €**



Jetzt kostenlos testen!

[www.scanally.de/PIQ](http://www.scanally.de/PIQ)



## Handlungsbedarfe und Handlungsmöglichkeiten

Für alle (deutschen) Zeichnungen, die vor Inkraftsetzung der Norm DIN EN ISO 8015:2011-09 erstellt und freigegeben worden sind, gilt folgende Aussage:

**Fehlt** auf einer Zeichnung die Angabe **Tolerierung ISO 8015**, dann kommt das Unabhängigkeitsprinzip nicht zur Anwendung und für alle Maßelemente (Zylinder, Kugel, parallele Ebenen) gilt die Hüllbedingung. Die gleiche Aussage trifft zu, wenn im Schriftfeld der Zeichnung oder in dessen Nähe der Eintrag **Tolerierung DIN 7167** vermerkt ist.

**Mit** Inkraftsetzen der Normen DIN EN ISO 14405-1 ab April 2011, der DIN EN ISO 8015 ab September 2011 und dem Außerkraftsetzen von DIN 7167 im November 2011 gilt für (deutsche) Zeichnungen, die ab Oktober 2011 freigegeben worden sind:

Wird durch Bezugnahme auf eine fundamentale oder allgemeine Norm des GPS-Systems das gesamte GPS-System aufgerufen, dann wird für die Maßelemente Zylinder (Kreis), Kugel, Parallel-Ebenenpaar (Linienpaar) das **Zweipunktmaß** festgelegt. Für das Zuordnen der Hüllbedingung kann auf die vorstehend beschriebene Variante 1 oder Variante 2 zurückgegriffen werden.

Für Zeichnungen, die vor dem Oktober 2011 erstellt worden sind, aber nach Oktober 2011 wegen einer Änderung aktualisiert werden müssen, kann folgende Empfehlung gegeben werden (in Anlehnung an das deutsche Vorwort von DIN EN ISO 14405-1):

Wenn **alte** Zeichnungen (d. h. das Erstelldatum liegt vor dem 01.10.2011, d. Verf.), denen die Hüllbedingung nach DIN 7167 zugrunde lag, nach einer Aktualisierung aufgrund einer Änderung weiter verwendet werden, sollten sie mit

### Maße ISO 14405 $\text{\textcircled{E}}$

wie in Variante 2 beschrieben gekennzeichnet sein. Das Beibehalten der früheren Kennzeichnung „Tolerierung DIN 7167“ erfüllt den gleichen Zweck.

Wenn wirtschaftlich möglich, sollten neu erstellte Zeichnungen nach dem Unabhängigkeitsprinzip überarbeitet und neu herausgegeben werden. Die Zeichnung ist im oder am Schriftfeld mit

### Maße ISO 14405

zu kennzeichnen oder das GPS-System ist über das Zitat einer anderen GPS-Norm aufzurufen. Wenn die Hüllbedingung dann trotzdem gelten soll, ist  $\text{\textcircled{E}}$  hinter der jeweiligen Maßtoleranz anzugeben.

## Fazit

Es ist sicherlich etwas mühsam, den vorstehenden Ausführungen zu folgen und die richtige Entscheidung zwischen dem Festhalten an der globalen Hüllbedingung oder der Zuordnung der Hüllbedingung zu einzelnen Maßelementen zu treffen. Ein Variantenvergleich in Form einer Aufwand-Nutzen-Betrachtung muss vor allem für größere Unternehmen mit einem großen Zeichnungsdurchsatz die Grundlage sein.

Da das GPS-System sich im internationalen Geschäft zwischen den Unternehmen zweifelsohne durchsetzen wird, muss eine solche Entscheidung, falls noch nicht gefällt, auf die Tagesordnung gesetzt werden. Und es muss eine bevorzugte generelle Regel in den Produktentwicklungsbereichen getroffen werden; ein Wechsel zwischen Variante 1 und Variante 2 innerhalb eines Unternehmens aufgrund unterschiedlicher Kenntnisstände der Beteiligten ist nicht zielführend.

Abschließend sei eine Lanze gebrochen für die früher übliche, mittlerweile immer seltener anzutreffende Praxis, eine technische Zeichnung auf Normkonformität zu prüfen. Wird die normgerechte Zeichnungsausführung durch kompetente Fachleute geprüft und führt diese Prüfung zur dokumentierten Freigabe der Zeichnung, z. B. in dem das Autorisierungsfeld „Norm“ der vorstehenden Zeichnungsbeispiele signiert ist, dann ist die vorstehende Diskussion gegenstandslos und kritische Situationen der Kunden-Lieferanten-Beziehungen auf Grundlage falscher Interpretation von Maß-, Form- und Lagetoleranzen sind von vornherein vermeidbar.



**infra - DAT**  
Kabellose  
Messdatenübertragung



Name	Schriftl. Bezeichnung	Toleranz		Istwert/ Actual value	Abweichung/ Departure	
		OG	UG		right	wrong
Ø78	Ø78	78,8	78,2	78,53	✓	
Ø60	Ø60	60,3	59,7		✓	
Ø70	Ø70	70,3	69,7		✓	
Ø28	Ø28	28,2	27,8		✓	
Ø2	Ø2	2,2	1,8		✓	
Ø7	Ø7	7,2	6,8		✓	
R3	R3	3,0	2,8			

Übertragen Sie die Messdaten Ihrer Handmessmittel schnell und fehlerfrei per Funk.

ELIAS GmbH, Westring 303, 44629 Herne, Tel.: +49 2323 925 501, Fax: +49 2323 925 502, www.elias-gmbh.de, info@elias-gmbh.de