

## **FORM- und LAGETOLERANZEN - Basis- und Praxisseminar**

### **Die neuen internationalen Normen und ihre konstruktiv richtige Anwendung**

## **Kosten senken, Produktwertigkeit erhöhen und Haftungsrisiken minimieren durch eine funktions-, fertigungs- und prüfgerechte Tolerierung**

### **ZUM THEMA**

Die ersten Normen zur geometrischen Tolerierung wurden in Deutschland bereits Ende der 1950er-Jahre eingeführt. Jedoch auch heute, mehr als ein halbes Jahrhundert nach ihrer Veröffentlichung, ist die Mehrzahl der Anwender mit der funktions-, fertigungs-, prüf- und kostengerechten Anwendung sowie der definitionskonformen Interpretation und messtechnischen Umsetzung (Verifikation) noch immer überfordert. Dies zeigt sich unter anderem daran, dass **weit mehr als die Hälfte aller technischen Produktspezifikationen** (Konstruktionszeichnungen) alleine im Hinblick auf ein sinnvolles Toleranzmanagement **unvollständig, mehrdeutig oder falsch sind**, d. h. die Grundsätze der Tolerierung gemäß den gültigen, nahezu ausnahmslos internationalen Standards, nicht oder fehlerhaft angewandt werden. In Konsequenz lässt die den meisten Konstruktionszeichnungen zugrunde liegende Tolerierung die Herstellung funktionsunfähiger Produkte zu. **Eine eindeutige und vollständige Produktspezifikation ist ohne geometrische Toleranzen nicht möglich.**

Eine fehlerhafte und nicht funktionsgerechte Tolerierung führt in den meisten Fällen zu einer **aufwändigen und teuren Fertigung**, zu einer **schwierigen und teuren Prüfung**, zu einem **unnötig hohen Abstimmungsbedarf** zwischen Konstruktion, Fertigung und Qualitätssicherung, während die Qualität des Produkts hierdurch in den meisten Fällen nicht verbessert wird.

Weitgehend unbekannt ist auch die Tatsache, dass die Konstruktionszeichnung bei externer Fertigung ein **rechtsverbindliches Vertragsdokument** darstellt. **Unvollständige oder mehrdeutige Angaben**, wie zum Beispiel eine „**± - Tolerierung**“ für Bohrungsabstände **oder die Unkenntnis relevanter „Default-Regeln**“ (dies sind Vereinbarungen, die durch alleinige Verwendung der standardisierten Symbolik oder Nennung der entsprechenden Normen verbindlich sind), gehen dabei in der Regel **zu Lasten des Auftraggebers**, also des Zeichnungserstellers und führen somit zu einer **risikoreichen Produkthaftung**. Führen Mängel in der Konstruktionszeichnung zu Personenschäden, dann hat diese gar **strafrechtliche Relevanz**.

Die konstruktiv „richtige Anwendung der geometrischen Toleranzen (Form- und Lagetoleranzen) ist außerordentlich komplex und das Normensystem umfasst heute eine große Anzahl von Einzelnormen. Weiterhin sind die Form- und Lagetoleranzen in vielen Unternehmen immer noch nicht mit genügender Sorgfalt eingeführt, obwohl sich gerade hierdurch **erhebliche Kosten bei Fertigung und Prüfung einsparen lassen**.

Die betriebliche Einführung einer konsequenten geometrischen Bauteiltolerierung sowie des gesamten ISO-GPS-Normensystems wird vielfach erheblich unterschätzt. In der Regel handelt es sich hierbei um einen mehrjährigen Prozess, der von allen Beteiligten ein vollständiges „Umdenken“ erfordert. **Des Weiteren ist noch weitgehend unbekannt, dass sich auf dem Gebiet der dimensionellen und geometrischen Tolerierung in den letzten Jahren gravierende Änderungen (z. B. ISO 8015:2011, ISO 1101:2014, ISO 5459:2013) vollzogen haben und neue fundamentale Normen, Regeln und Prinzipien hinzugekommen sind (z. B. ISO 14405-1:2014, ISO 14405-2:2011, ISO 286-1/-2:2010).**

Werden diese ausnahmslos internationalen Standards seitens der Konstruktion, Entwicklung, Fertigung und Qualitätssicherung betrieblich nicht konsequent umgesetzt, dann kann sich dies mittelfristig zu einem **signifikanten Nachteil der Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens** entwickeln.

Berücksichtigt man, dass die Konstruktion und Entwicklung etwa 70 % der Kostenverantwortung für ein technisches Produkt trägt, dann wird deutlich, dass eine konsequente und funktionsgerechte Anwendung der vielfältigen normativen Werkzeuge nicht nur zu einer **signifikanten Verbesserung der Produktqualität** sondern auch zu einer **deutlichen Senkung der Fertigungs- und Prüfkosten** (Toleranzen sind heimliche Kostentreiber) führen kann. Darüber hinaus wird durch eine normkonforme Tolerierung eine deutliche Verbesserung der Verständigung zwischen Konstruktion und Entwicklung, Fertigung, Qualitätssicherung, Einkauf, Vertrieb, Zulieferbetrieb und Kunde ermöglicht – **weltweit**.



## **IHR NUTZEN - Sie lernen insbesondere in diesem Seminar:**

- die wichtigsten Tolerierungsprinzipien und ihre praxiserhaltende Anwendung sowie die Inhalte der neuen ISO 8015:2011,
- die Auswirkungen einer nicht normkonformen, mehrdeutigen Tolerierung auf die Fertigungs- und Prüfkosten sowie auf die Funktionalität und die Produkthaftung kennen,
- den signifikanten Unterschied zwischen Maßtoleranzen sowie (geometrischen) Form- und Lagetoleranzen kennen,
- die „richtige“ Anwendung der Werkzeuge zur Form- und Lagetolerierung. Sie sind damit in der Lage, eine im Hinblick auf Funktionalität sowie Fertigungs- und Prüfkosten optimale Tolerierungsstrategie zu wählen und normgerecht in die technische Produktdokumentation (Konstruktionszeichnung) zu übertragen,
- fehlerhafte, mehrdeutige und missverständliche Eintragungen zur Maß-, Form- und Lagetolerierung in bestehenden technischen Produktdokumentationen (z. B. Konstruktionszeichnungen) zu erkennen und sicher zu beseitigen. Hierdurch werden nicht nur die Produktions- sowie die Prüfkosten reduziert, sondern auch die Funktionalität und damit die Wertigkeit der Produkte erhöht. Da die Konstruktionszeichnung ein rechtsverbindliches Vertragsdokument darstellt, leistet das Seminar einen entscheidenden Beitrag zur Prävention möglicher Rechtsstreitigkeiten mit Ihren Kunden oder Ihren Lieferanten,
- Verfahrensregeln für die digitale Produktdefinition unter Einbindung digitaler 3D-CAD-Modelle,
- die wichtigsten Werkzeuge zur Kostenreduktion, insbesondere die Maximum-Material Bedingung kennen. Sie sind damit in der Lage, an bestehenden Konstruktionszeichnungen ein mögliches Potenzial zur Verminderung der Fertigungs- und ggf. der Prüfkosten unter Beibehaltung der Produktqualität zu erkennen und konstruktiv richtig umzusetzen,
- welche gravierenden Änderungen sich im Zuge der zwischenzeitlich weitgehend abgeschlossenen Umstellung auf internationale Normen auf dem Gebiet der Form- und Lagetolerierung in den vergangenen Jahren ergeben haben und welche weitreichenden Konsequenzen auf eine funktions-, fertigungs-, prüf- und kostengerechte Tolerierung sich hieraus ergeben,
- funktions-, fertigungs- und prüfgerechte Bezüge und Bezugssysteme festzulegen, so dass eine wirtschaftliche Fertigung und eine eindeutige Prüfung des Produkts überhaupt erst ermöglicht wird,
- welche Möglichkeiten zur Erweiterung bestehender Toleranzen unter Beibehaltung der Funktionalität verfügbar sind. Dies kann letztlich zu einer erheblichen Verminderung der Produktions- und Prüfkosten führen,
- die wichtigsten „Default-Regeln“ kennen (Regeln und Prinzipien, die nicht gesondert vereinbart werden müssen),
- anhand einer Vielzahl von Beispielen, die praxiserhaltende Anwendung sämtlicher Aspekte der Form- und Lagetolerierung.

## SEMINARINHALTE

### Einführung

- Konsequenzen einer fehlerhaften, mehrdeutigen oder nicht normkonformen Konstruktionszeichnung – wer haftet im Schadenfall?
- Überblick der häufigsten Tolerierungsfehler in Konstruktionszeichnungen und ihre Folgen
- Konsequenzen einer mangelhaften Form- und Lagetolerierung
- Kostenwirksamkeit von Toleranzen und Zusammenarbeit im Unternehmen
- Geometrische Produktspezifikation (GPS) – das GPS-Matrixmodell (ISO 14638:2012)

### Tolerierungsprinzipien und neue ISO 8015:2011

- Unabhängigkeitsprinzip und Hüllbedingung (ISO 8015:1985 und neue ISO 8015:2011)
- Hüllprinzip (DIN 7167:1987, zurückgezogen)
- „rule #1“ (ASME Y14.5:2009)
- Grundlegende Prinzipien und Regeln für Konstruktionszeichnungen auf Basis der neuen ISO 8015:2011
- Auswirkung der neuen ISO 8015:2011 auf bestehende und neue Konstruktionszeichnungen
- Richtige Festlegung eines betrieblich geeigneten Tolerierungsgrundsatzes

### Maße und Maßtoleranzen (dimensionelle Toleranzen), Grenzen der Maßtolerierung

- Typische Fehler der Maßtolerierung in Konstruktionszeichnungen (Fallbeispiele) und ihre weitreichenden Auswirkungen auf die Funktion
- Zweipunktmaß (ISO 14660-2) als internationales Default-Zuordnungskriterium für Längenmaße (neue ISO 14405-1:2014)
- Funktionsgerechte Maßtolerierung durch Spezifikationsoperatoren für Längenmaße gemäß neuer ISO 14405-1:2014 (richtige Auswahl, Eintragung, Interpretation und Fallbeispiele)
- Winkelgrößenmaße - Default-Kriterium und Spezifikationsoperatoren (neue ISO 14405-3:2013)
- Grenzen der Maßtolerierung und Unterschiede zur geometrischen Tolerierung (neue ISO 14405-2:2012)
- ISO-Maßtoleranzsystem: Neue Interpretation ISO-codierter Maße (z. B. 30 H7) gemäß neuer ISO 286-1:2010)

### Form- und Lagetoleranzen (geometrische Toleranzen)

#### Grundlagen der Form- und Lagetolerierung

- Typische Fehler der Form- und Lagetolerierung (Fallbeispiele) und ihre Auswirkung auf die Funktion
- Normgerechte Zeichnungseintragung (Symbolik) und richtige Interpretation, Toleranzzonen

#### Formtoleranzen - richtige Interpretation und funktionsgerechte Anwendung (neue ISO 1101:2014)

- Geradheit
- Ebenheit
- Rundheit
- Zylindrizität

#### Funktions-, fertigungs- und prüfgerechte Festlegung von Bezügen (neue ISO 5459:2013)

- Normgerechte Eintragung und richtige Interpretation der Symbolik
- Kennzeichnung von Bezugsstellen. Symbolik und notwendige Angaben nach ISO 5459:2013
- Bezugsbildung - funktionsgerechte Festlegung und normgerechte Spezifikation von:
  - Einzelbezügen
  - Gemeinsamen Bezügen
  - Bezugssystemen

- Aufbau und Interpretation komplexer Bezüge und Bezugssysteme
- Neue Tolerierungswerkzeuge und Modifikatoren nach ISO 5459:2011:
  - Bewegliche Bezugsstellen
  - Modifikatoren [PL], [SL], [PT] und [ $><$ ] zum Freigeben und Blockieren von Freiheitsgraden
  - Berührende Geometrieelemente [CF]
  - Veränderlicher Abstand bei gemeinsamen Bezügen [DV]
  - Modifikatoren PD, MD, LD, ACS und ALS
- Form- und Lagetolerierung von Bezügen
- Referenzpunkt-System (RPS- oder 3-2-1 System)
- Übungen und Praxisbeispiele zur funktions-, fertigungs- und prüfgerechten Bezugsbildung

#### **Profiltoleranzen** (richtige Interpretation und funktionsgerechte Anwendung)

- Profiltoleranz einer Linie und Profiltoleranz einer Fläche (Linien- und Flachenprofil), neue ISO 1660:2014
- Anwendung der Profiltoleranzen als Form-, Richtungs- und Ortstoleranzen (Beispiele)
- Festlegung asymmetrischer Toleranzzonen (UZ) sowie vereinigte Toleranzzone (UF)
- Kennzeichnung eingeschränkter Bereiche
- Einbindung digitaler 3D-CAD-Modelle und vereinfachte CAD-Zeichnungen (VDA 4953), Profiltoleranzen als Alternative zu lückenhaften und mehrdeutigen Allgemeintoleranzen
- Erweiterte Möglichkeiten der Formtolerierung nach ASME Y14.5:2009
- ubungs-, Praxis- und Anwendungsbeispiele, Klärung firmenspezifischer Fragestellungen

#### **Richtungstoleranzen** (richtige Interpretation und funktionsgerechte Anwendung)

- Parallelität
- Rechtwinkligkeit
- Neigung
- ubungs-, Praxis- und Anwendungsbeispiele zu den Richtungstoleranzen

#### **Ortstoleranzen** (richtige Interpretation und funktionsgerechte Anwendung)

- Symmetrie
- Koaxialität
- Position (ISO 1101:2014, ISO 5458) - Theoretische Maße, normkonforme Zeichnungseintragungen, Anwendungsmöglichkeiten (u. a. Ersatz von „ $\pm$  -Toleranzen“ für lineare Abstände)
- ubungs-, Praxis- und Anwendungsbeispiele zu den Ortstoleranzen

#### **Neue Tolerierungswerkzeuge in ISO 1101:2014**

- Neu Symbolik und Anwendungsbeispiele (z. B. Schnittebene, Richtungsebene und Sammelebene)
- Alternartive Kennzeichnungsmoglichkeit für abgeleitete Geometrieelemente

#### **Lauftoleranzen** (richtige Interpretation und funktionsgerechte Anwendung)

- Einfacher Lauf und Gesamtlauf
- Unterschied zwischen Rundlauf, Koaxialität und Rundheit
- ubungs-, Praxis- und Anwendungsbeispiele zu den Lauftoleranzen

#### **Allgemeintoleranzen für Form- und Lage – richtige Anwendung und Interpretation, wichtige Normanderungen**

- Spanende Bearbeitung (ISO 2768-2)
- Metallguss (neue ISO 8062-3:2008)
- Schweißen (ISO 13920)
- Kunststoff-Formteile (neue DIN 16742:2013)

### **Maximum-Material Bedingung MMR** (neue ISO 2692:2012) - Einführung

- Maximum-Material Bedingung als Instrument zur Toleranzerweiterung und Kostenreduktion
- Begriffe und normgerechte Zeichnungseintragung
- Anwendungsgrenzen der Maximum-Material Bedingung
- Wechselwirkungsbedingung (RPR)
- Lehrenprüfung
- Übungs-, Praxis- und Anwendungsbeispiele zur Maximum-Material Bedingung

### **Minimum-Material Bedingung LMR** (neue ISO 2692:2012) - Einführung

- Begriffe und normgerechte Zeichnungseintragung
- Anwendungsbeispiele zur Minimum-Material Bedingung

### **Projizierte Toleranzzone** (ISO 10578 und neue ISO 1101:2014)

### **Tolerierung nicht formstabiler Teile** (neue ISO 10579:2013)

### **Besondere Anwendungen der Form- und Lagetolerierung**

- Tolerierung von Kreisteilungen, Lochbildern und anderen Funktionsgruppen
- Tolerierung von Kegeln (neue ISO 3040:2012)
- Tolerierung von Gewinden

### **Definitionsnahe bzw. definitionskonforme Verifikation geometrischer Toleranzen**

- Mess- und Prüfverfahren (z. B. Koordinatenmesstechnik, Computertomographie)
- Messunsicherheit
- Nachweis von Konformität oder Nichtkonformität mit Spezifikationen (ISO 14253-1:2013)

### **Toleranzen und Kosten**

### **Verfahrensregeln für digitale Produktdefinition** (neue ISO 16792:2008 und ASME Y14.41:2003)

### **Unterschiede der Tolerierung zur US-amerikanischen ASME Y14.5:2009**

### **Praktische Tolerierungsbeispiele und Diskussion firmenspezifischer Fragestellungen**

### **Wichtige Normen und weiterführende Literatur**

## **ZIELGRUPPEN**

- Projekt-, Konstruktions- und Entwicklungsleiter
- Ingenieure aus Konstruktion und Entwicklung, Normung und Qualitätssicherung/Messtechnik
- Messtechniker
- Technische Zeichner
- Techniker
- Technischer Einkauf
- Mitarbeiter des betrieblichen Ausbildungswesens
- Fachexperten aus Fertigung und Produktion

## **ERGÄNZENDE HINWEISE**

Alle Seminarteilnehmer erhalten ausführliche Schulungsunterlagen auf dem neuesten Stand der Normung, die sich auch für das Selbststudium eignen.