

# LERNINHALTE AUKOM STUFE 1

## BASIS

- Zielgruppe: Fertigungsmesstechniker
- Voraussetzungen: Keine
- Lernziele: Das Seminar legt und festigt fertigungsmesstechnisches Basiswissen für Anfänger und fortgeschrittene Messtechniker nach den modernsten didaktischen Erkenntnissen. Vermittelt wird neuestes Wissen zum Thema Maßtolerierung, Programmiergrundlagen, Messablaufplanung sowie der zum Einsatz kommenden Maschinen- und Sensortechnik. Das bessere Verständnis der Messaufgaben und Einflussgrößen versetzt den Messtechniker in die Lage, Messunsicherheiten zu reduzieren und damit Messergebnisse zuverlässiger und vergleichbarer zu machen. Die Minimierung von Kosten und Ausschuss wird unterstützt.
- Kursdauer: 5-8 Tage, je nach Vorwissenstand
- Abschluss: Prüfung, Zertifikat

### **1 Einheiten**

SI-Einheiten inkl. Definition und Geschichte, Basisgrößen, abgeleitete Größen, Vorsätze der Einheiten, Winkel, Umrechnung Grad in Radiant, konventionelle Mess- und Prüfmittel

### **2 Koordinatensysteme**

(Mathematische) Zeichenebene, Ursprung, kartesische Koordinaten, Rechte-Hand-Regel, Translation und Rotation, Polarkoordinaten, Zylinder- und Kugelkoordinatensystem

### **3 Koordinatenmessgeräte**

Geschichte der Koordinatenmessgeräte, Achsenführung, Messrechner und Messsoftware, Werkstückaufnahme, Drehtisch, Dreh-Schwenk-Einrichtung, Ausleger-/ Brücken-/ Ständer-/ Portalbauart, Unterschiede der Bauarten, Genauigkeit und Präzision der Koordinatenmessgeräte, rechnerische Korrektur, Formprüfgeräte

### **4 Sensoren von Koordinatenmessgeräten**

Sensorenauswahl, schaltende und messende Messkopfsysteme, Taster, Tasterwechseleinrichtung, optische Sensoren, Bildverarbeitungssensoren, Lasertriangulation

### **5 Messtechnische Grundlagen**

Zeichnungseintrag (Bemaßung, Toleranzsymbole), Normenbezug, Unterschiede Nenngeometrieelement – Wirkliches Geometrieelement – Erfasstes Geometrieelement – Zugeordnetes Geometrieelement, Freiformflächen

### **6 Maßtolerierung**

Maßtoleranzen, Taylorscher Grundsatz, Normen, Symbole und Zeichnungseintragungen, Längenmaße, Winkelmaße, Grenzmaße und Passungen, ISO-Passungssystem, Allgemeintoleranzen

### **7 Geometrische Elemente**

Standardgeometrieelemente: Ebene/ Zylinder/ Kegel/ Kugel/ Gerade/ Kreis/ Punkt, Ellipse, Vektor, Normalenvektor, Mindestpunktanzahl, Projektion

## **8 Geometrische Verknüpfungen**

Berechnen von Merkmalen aus zwei Geometrieelementen (Abstand und Winkel), Berechnen von neuen Geometrieelementen aus zwei Geometrieelementen (Schnitt, Symmetrie), Berechnen von neuen Geometrieelementen aus mehreren Geometrieelementen (Verbindungselemente)

## **9 Vorbereiten einer Messung am Koordinatenmessgerät**

Normgerechte Temperatur, Werkstück reinigen, temperieren, fixieren (Verspannung vermeiden), Spannsysteme, Messgerät und Software starten

## **10 Sensoren auswählen und einmessen**

Sensoren auswählen, Sensor/Taster einmessen, Sensorversatz bei Multisensorsystemen, Referenztaster, Kugelnorm, Tastkugelradiuskorrektur, mechanische Filterwirkung bei taktilen Sensoren, Strukturauflösung bei optischen Sensoren, Folgefehler bei ungenauem Einmessen

## **11 Messen mit dem Koordinatenmessgerät**

Werkstückkoordinatensystem ermitteln, Unterschied zu Steuerkoordinatensystem, Grob- und Feinausrichtung, Antasten, Bezüge, Kollisionskonsequenzen, Antastpunktanzahl und -verteilung, Einflüsse auf Messergebnis

## **12 Messung auswerten und Statistik**

Ausgleichsverfahren Gauß / Hüll / Pferch / Tschebyscheff, ISO 1101, ISO 14405 und ASME, Modifizierer-Symbole nach ISO, Kennwerte: Mittelwert, Standardabweichung, Median, Spannweite/Range, Ausreißer, Streuung, Histogrammdarstellung

## **13 Prüfplanung**

Vollständig beschriebenes Prüfmerkmal Zweck der Messung, Fertigung des Bauteils, Funktion des Bauteils, Art der Merkmale / Objektbeurteilung, Fertigungsarten und Genauigkeiten sowie Gestaltabweichungen, Auswirkungen der Gestaltabweichungen auf die Messtechnik, Prüfplanung, Prüfmerkmale identifizieren

## **14 Dokumentation und Qualitätsmanagement**

Messprotokollierung, Nachvollziehbarkeit, Messstrategiedokumentation, Qualitätsregelkarten, Zusammenarbeit Konstruktion – Fertigung – Prüfung

# LERNINHALTE AUKOM STUFE 2

## KMT

- Zielgruppe: Fertigungsmesstechniker
- Voraussetzungen: Bestandene Prüfung AUKOM 1
- Lernziele: Das Seminar erweitert fertigungsmesstechnisches Basiswissen für fortgeschrittene Messtechniker nach den modernsten didaktischen Erkenntnissen. Vermittelt wird neustes Wissen zum Thema, Form- und Lagetolerierung, Prüfplaninterpretation, Programmierung, Überwachung, sowie der zum Einsatz kommenden Maschinen- und Sensor Technik. Das höhere Verständnis der Messaufgaben und Einflussgrößen versetzt den Messtechniker in die Lage, Messunsicherheiten zu reduzieren und damit Messergebnisse zuverlässiger und vergleichbarer zu machen. Die Minimierung von Kosten und Ausschuss wird unterstützt.
- Kursdauer: 5 Tage
- Abschluss: Prüfung, Zertifikat

### **1 Überblick über den gesamten Messablauf**

Kurzwiederholung der Inhalte Stufe 1

### **2 Geometrie-Überblick**

Standardgeometrieelemente, Flächen- und Raumpunkte, Stanzloch Langloch, Vierkant-/Sechskantloch, Kragenloch, Symmetrie, Lot, Parallelität, Winkel im Raum, Koordinatensystemtransformationen

### **3 Form- und Lagetolerierung**

Einführung in die Form- und Lagetolerierung, Symbole und Zeichnungseintragungen (ISO und ASME), Formtoleranzen, Bezugskennzeichnung, Richtungs-, Orts-, und Lauftoleranzen, Unabhängigkeitsprinzip und Hüllbedingung, ASME-Regel #1

### **4 Messstrategie**

Aufspannung und Bezüge festlegen (Praxisanleitungen), Bezugsreihenfolge und Nullpunktwahl, Iteratives Ausrichten, Ausrichten nach 3-2-1- und nach der Bestfit-Methode (3D-Einpassung), Messelemente und Hilfselemente, Netzmessungen, Konturmessungen, Messung mit Zylinder und Kragenflächen etc.

### **5 Antaststrategie - Taktile Sensoren**

Antastpunktanzahl und -verteilung, Antastkraft und -geschwindigkeit, Taststiftbiegekorrektur, Tastkugeldurchmesser

### **6 Antaststrategie - Bildverarbeitende Sensoren**

Arbeitsabstand, Im-Bild- und Am-Bild-Messung, Projektionsoptik, Konturbildverarbeitung, Schwellwertverfahren und Gradientenverfahren, Beleuchtungsstrategien, Filter, Scanning, Autofokus

### **7 Antaststrategie - Abstandssensoren**

Antaststrategien, Lasertriangulation, Foucault-Sensor, Chromatischer Abberationssensor, Laserlichtschnittverfahren, Autofokus, Streifenprojektion, Photogrammetrie

## **8 Computertomographie**

Physikalisches Prinzip, Am-Bild- und Im-Bild-Tomografie, Erstbemusterung, Abweichungen zur Sollgeometrie, Messen in Schnitten, Prüfen der Materialstruktur

## **9 CNC-Programmierung**

Arten von CNC-Programmierung, Prinzipien der nachvollziehbaren Programmierung, Bedieneroberflächen, Parametrisierte Programmierung, genauigkeitsoptimierte und zeitoptimierte Messabläufe, Merkmalorientiertes Messen, Offline-Simulation von Kollisionen

## **10 Freiformflächen messen**

Elementtypen in der Freiformflächenmesstechnik, Grundlagen, Messabläufe, Referenzierung und Antaststrategien

## **11 Auswerten**

Auswertekriterien: Funktionsorientierte und fertigungsorientierte Auswerteverfahren, Ausgleichsverfahren (Berechnungsmethoden), Verknüpfungen, digitale Filterung, Protokollierung

## **12 Einflüsse auf das Messergebnis**

Einflüsse auf das Messergebnis, Messunsicherheitsreduzierung, Erkennen und Reduzieren systematischer und zufälliger Einflüsse, Temperaturkompensation

## **13 Dokumentation**

Prinzipien der dokumentierten und nachvollziehbaren Dokumentation, Formplots, Messprotokolle und deren Verbesserung, Dokumentation von Aufspannung, Sensorik, Werkstückposition, Messstrategie und Einmessung

## **14 Kultur des guten Messens**

Messen ist wertschöpfend, Kultur des guten Messens, Notwendigkeit der Zusammenarbeit

# LERNINHALTE AUKOM STUFE 3

## KMT

- Zielgruppe: Fertigungsmesstechniker
- Voraussetzungen: Zertifikat AUKOM 2, Zertifikat AUKOM Form & Lage
- Lernziele: Das Seminar bietet übergreifendes fertigungsmesstechnisches Wissen für fortgeschrittene Messtechniker die an den Schnittstellen zu anderen Abteilungen arbeiten und gewinnbringend kommunizieren müssen. Das Seminar ist nach den modernsten didaktischen Erkenntnissen aufgebaut. Vermittelt wird neuestes Wissen zu funktions- und fertigungsgerechtem Messen, Filterung, Programmerstellung, Computertomographie, QM und Messraummanagement. Ganzheitlichen Verständnis der Messaufgaben und Einflussgrößen versetzt den Experten in die Lage, sicher mit abteilungsübergreifenden Stellen zu kommunizieren und Messunsicherheiten zu reduzieren, Messergebnisse werden zuverlässiger und vergleichbarer. Die Minimierung von Kosten und Ausschuss wird unterstützt.
- Kursdauer: 5 Tage
- Abschluss: Prüfung, Zertifikat

### **1 Vergleichbare und prüfgerechte Geometriespezifikation**

Berechnung von Winkel, Schwerpunkt, Abstand, Fläche, kartesische Koordinaten und Polarkoordinaten, Grenzen der Hüll- und Pferchberechnung bei Segmenten kleiner  $180^\circ$ , Grenzen der Koaxialität bzw. der Konzentrizität und mögliche Alternativen, Kreissegmente, Balligkeit, funktions- und prüfgerechte Konstruktion, kostenreduzierende Konstruktion, Umgang mit uneindeutigen Zeichnungen, digitale Prüfplanung

### **2 Fertigungsorientierte Prüfung**

Fertigungsarten und erreichbare Fertigungsgenauigkeiten, Gestaltabweichungen und deren Ursachen, Messen von Gestaltabweichungen

### **3 CAD-Grundlagenwissen**

Prinzipien des Konstruierens und der Erstellung technischer Zeichnungen, Prinzipien und Werkzeuge der CAD-Konstruktion, Abbildung der Geometrie, Modellarten, Bemaßung der CAD-Daten, Import von CAD-Daten, Schnittstellen

### **4 Punktwolken und Reverse Engineering**

Punktwolken, STL-Daten, Soll-Ist-Vergleiche, Grundlagen Reverse Engineering, Begriffsdefinitionen zu Reverse Engineering, Geometrieelemente durch Reverse Engineering erzeugen, Reverse Engineering in der Praxis, Datenformate

### **5 Automatisierte Messprogrammerstellung (PMI)**

Arten der automatisierten Messprogrammerstellung, Vollparametrisierte Werkstücke, parametrisierbare Funktionsmerkmale, Werkstücke mit Product Manufacturing Information (PMI) "3D-Toleranzen", Aufgaben und Verantwortung des Messtechnikers bei der automatisierten Messprogrammerstellung

### **6 Digitales Filtern und Auswerten**

Schwingungsanalyse, Fourier-Analyse, Digitale Filter, Hochpass, Tiefpass, Bandpass, Welligkeit, Rauheit, Gaußfilter, Spline-Filter, Mechanische Filter/Morphologische Filter, Ausreißerbetrachtung

## **7 Kommunikation**

Kommunikative Praxis des Messtechnikers, wie funktioniert Kommunikation, Kulturelle Werte, positiv Formulieren, Vorteil-Nutzen-Argumentation

## **8 Sensorkompetenz**

Planung von Messstrategien, Kriterien für die Gestaltung von Erfassungsstrategien, Kriterien für die Auswahl von Sensoren, Auswirkung unterschiedlicher Erfassungsstrategien auf das Messergebnis

## **9 Überwachung von KMG**

Überwachung von KMG, Verfahren nach ISO 10360/VDI 2617, Einflussmöglichkeiten zur Optimierung der Leistungsfähigkeit der KMG, Prüfmittel, Prüfkörper, Endmaße, Normale, Annahmeprüfung, Bestätigungsprüfung, Kalibrierung, Prüfprozesseignung, Einfluss von Temperatur und Ausdehnungskoeffizienten

## **10 Messunsicherheit und Prüfprozesseignung**

Bestimmen der Messunsicherheit von Prüfmerkmalen, Unsicherheitsbudget, Vergleich mit kalibrierten Werkstücken, Virtuelles KMG, ISO 14253, Konformität, Prüfprozesseignung, Messsystemanalysen und GR&R-Tests, Vergleich der Verfahren, VDA 5

## **11 Qualitätsmanagement**

Normen des Qualitätsmanagements, Audit und Zertifizierung, Qualitätswerkzeuge, Fehlerentstehung und Fehlerbehebung, Optimierung der Qualitätskosten, Einfluss von Konstruktion und Prüfung auf die Qualitätskosten

## **12 Prozessüberwachung und Statistik**

Prozessüberwachung, Statistische Prozesslenkung (SPC), cp-Werte, cpk-Werte, cm-Werte, cmk-Werte, Überwachungsstrategien und Qualitätsregelkarten, Einordnung der Eignungs- und Fähigkeitsuntersuchungen in den Gesamtprozess

## **13 Messraummanagement**

Aspekte des ganzheitlichen Messraummanagements, Planen, Beschaffen und Betreiben von Messräumen, Arbeitsprozesse im Messraum, Werkzeuge und Methoden der Prozesssteuerung im Messraum, Personalauswahl, -qualifikation und -weiterentwicklung

## **14 Abschluss**

Einflüsse auf das Messergebnis, Einfluss der Messunsicherheit auf Prozesskennwerte, Berufsbild Messtechniker

# LERNINHALTE AUKOM FORM & LAGE

- Zielgruppe: Fertigungsmesstechniker, Fertigungstechniker, Entwickler, Konstrukteure, QS-Leiter
- Voraussetzungen: Für Fertigungsmesstechniker: Zertifikat AUKOM 2 empfohlen  
Für andere Zielgruppen: keine
- Lernziele: Das Seminar bietet vertiefendes Wissen zum Thema Form & Lagetoleranzen nach DIN ISO und ASME für fortgeschrittene Messtechniker, die an den Schnittstellen zu anderen Abteilungen arbeiten und gewinnbringend kommunizieren müssen. Konstrukteure, Entwickler und Fertigungstechniker bekommen Einblick in das Thema Form und Lagetoleranzen aus der Sichtweise des Messtechnikers, der die Zeichnungsvorgaben erfolgreich messtechnisch umsetzen muss. Ganzheitlichen Verständnis der Messaufgaben und Einflussgrößen versetzt den Experten in die Lage, sicher mit abteilungsübergreifenden Stellen zu kommunizieren und Messunsicherheiten zu reduzieren, Messergebnisse werden zuverlässiger und vergleichbarer. Die Minimierung von Kosten und Ausschuss wird unterstützt.
- Kursdauer: 3 Tage
- Abschluss: Zertifikat

## **F&L-1 Grundlagen des ISO Systems der Geometrischen Produktspezifikation (GPS-System) Einführung**

Grundsätze der Geometrischen Produktspezifikation nach ISO (GPS) und ASME

## **F&L-2 Funktion, Spezifikation, Verifikation, Begriffe**

Funktion - Spezifikation, Toleranzzonen, Extraktion, Filterung, Assoziation, verkörperte und abgeleitete Geometrieelemente, Spezifikation - Verifikation

## **F&L-3 Formtoleranzen**

Geradheit, Geradheit einer Achse/Mittellinie, Rundheit, Ebenheit, Zylindrizität, Profil einer Linie oder Fläche, Messen von Formabweichungen

## **F&L-4 Größenmaße und Winkel**

Größenmaße, Maße und Formabweichungen, Spezifikation eines Größenmaßes nach ISO oder ASME, Winkeldefinitionen

## **F&L-5 Bezüge und Bezugssysteme**

Notwendigkeit von Bezügen, Freiheitsgrade, Bezugssystem, gemeinsame Bezugselemente

## **F&L-6 Lagetoleranzen**

Parallelität, Rechtwinkligkeit, Neigung, Position, Koaxialität, Symmetrie, Rundlauf, Planlauf, Lauf in vorgegebener Richtung, Gesamtlage, Lagetoleranzen bei abgeleiteten Geometrieelementen

### **F&L-7 Profiltoleranzen**

Definitionen, Zeichnungseintragungen, Anwendungsbeispiele

### **F&L-8 Maximum-Material-Bedingung**

Funktionaler Hintergrund, Symbolik, Prüfung nach der Maximum-Material-Bedingung (MMR), Bohrbilder/Lochmuster

### **F&L-9 Minimum-Material-Bedingung und Rezipititätsbedingung (ISO)**

Funktionaler Hintergrund, Symbolik, Prüfung nach der LMR – Least Material Requirement (Minimum-Material-Bedingung), Bohrbilder/Lochmuster, Rezipititätsbedingung (ISO) und ASME-Alternativen

### **F&L-10 Verifikation**

Funktionale Überlegungen und Fertigungsbedingungen, Default-Bestimmungen nach ISO und ASME, Beispiele und Übungen

Für weitere Informationen steht Ihnen die Aukom-Seite im Internet unter [www.aukom.info](http://www.aukom.info) zur Verfügung.