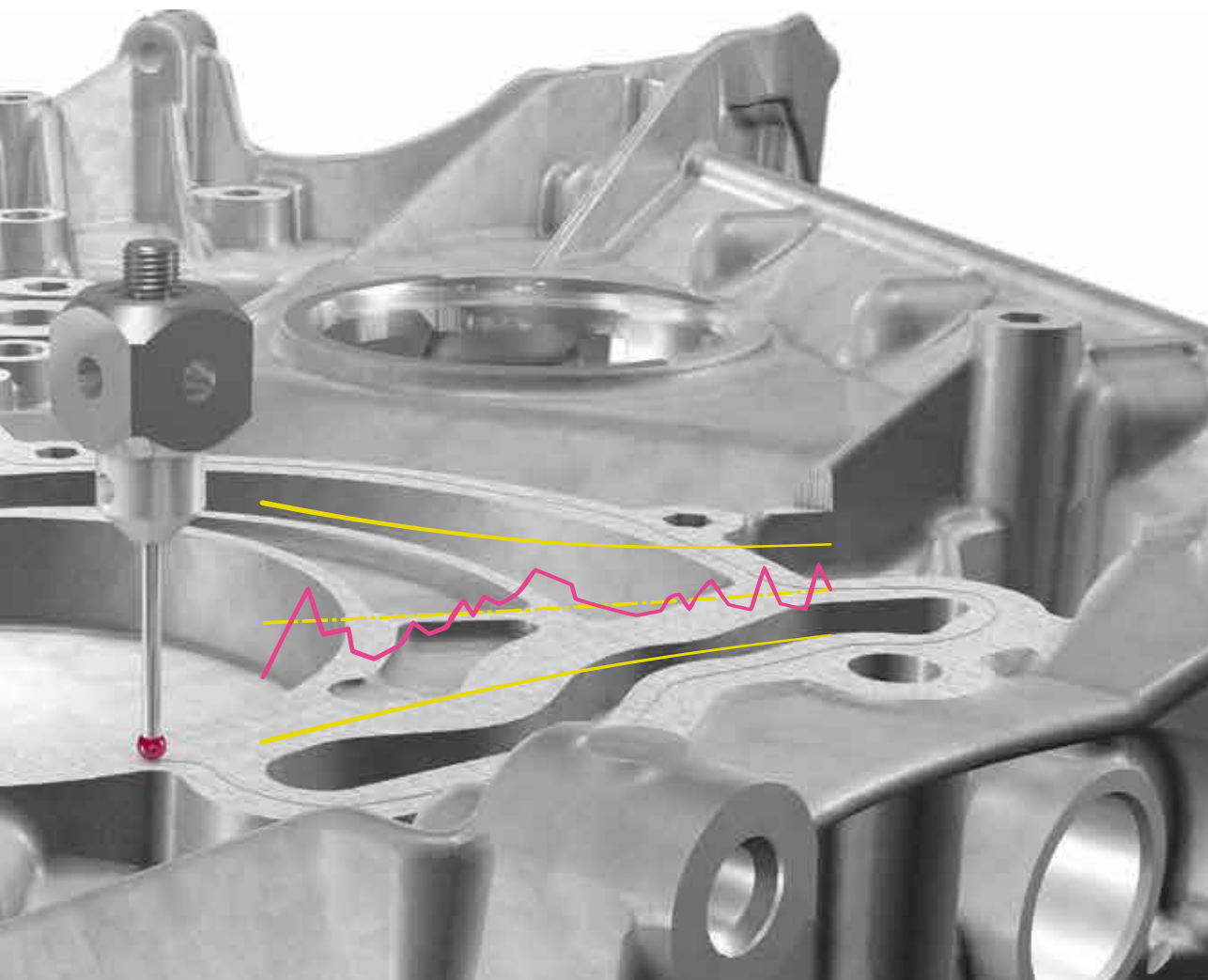


Messstrategien

in der taktilen Koordinatenmesstechnik

3. Vollständig
überarbeitete Auflage



ZEISS Metrology Academy

Robert Roithmeier
© Aalen 2014



Messstrategien in der taktilen Koordinatenmesstechnik

Zusammengestellt von
Robert Roithmeier
Aalen 2014 (3. Auflage)

Eine Publikation der
ZEISS Metrology Academy

Inhalt

1	Genau, vergleichbar und effizient messen.....	9
1.1	Genau messen.....	9
1.2	Effizient Messen	11
1.3	Vergleichbar messen.....	13
2	Analyse der Messaufgabe	18
2.1	Vollständig beschriebenes Prüfmerkmal	18
2.2	Aufgabengerechte Messstrategie – Messrezepte.....	30
3	Messstrategien – Auswertestrategien	33
3.1	Prüfgerechter Bezug	33
3.2	Ausgleichsverfahren	37
3.3	Filterung.....	46
3.4	Ergebnisdarstellung festlegen	54
3.5	Strategiedokumentation	58
4	Messstrategien – Erfassungsstrategien	59
4.1	Aufspannstrategie festlegen	59
4.2	Basiskoordinatensystem festlegen.....	64
4.3	Tastersystem wählen	66
4.3.1	Tastermaterial wählen.....	68
4.3.2	Tastkugeldurchmesser wählen.....	71
4.3.3	Tasterschaft und -verlängerung wählen.....	75
4.3.4	Tastersystem dokumentieren.....	78
4.4	Antastparameter	79
4.5	Ausreißerbehandlung	85
4.6	Temperaturkompensation.....	87
5	Exemplarische Messrezepte	91
5.1	Messrezept Bohrung Metall.....	92

5.2	Messrezept Welle Metall.....	99
5.3	Spanend bearbeitete Metallfläche.....	105
5.4	Messrezept künstl. Hüftgelenkkugel.....	109
5.5	Rundungen / Kreissegmente	111
5.6	Gussmessung	114
5.7	Formular Messstrategie.....	116
6	Vergleichbarkeit und Genauigkeit	
	sicherstellen.....	117
6.1	Prüfmittelfähigkeit	117
6.2	Versions sichere Dokumentation	125
6.3	Messergebnisüberprüfung	126
6.4	Messprozess-Assessment	127
	Anhänge.....	129
A	Internetlinks zur Koordinatenmesstechnik	129
B	Weitere Bücher der ZEISS Metrology Academy.....	130
C	Normen in der Koordinatenmesstechnik	133
D	Literaturquellen	142
E	Bilder und Tabellen	147
F	Formular Messstrategiedokumentation	151
G	Index	152

1 Genau, vergleichbar und effizient messen

1.1 Genau messen

Seit Beginn der Industrialisierung und insbesondere seit Einführung des Austauschbaus kommt es zu tief greifenden Änderungen in der Fertigungstechnik. Die Qualitätsansprüche an die Produkte steigen deutlich, die Fertigungstoleranzen – vor allem auf Grund der Anforderungen des Austauschbaus – werden immer enger.

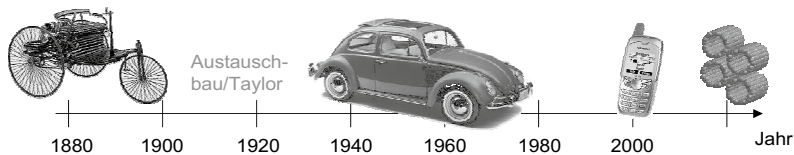


Bild 1: Produktentwicklung im Lauf der Zeit

Ermöglicht wird dieser Fortschritt in der Fertigungstechnik durch die Entwicklung genauer, vergleichbarer und effizienter messtechnischer Verfahren. Hier ist der Einsatz von Koordinatenmessgeräten (KMG) oft die einzige Möglichkeit, die sichere Messung und Qualitätsprüfung der Produkte zu gewährleisten. Um trotz der stetigen Verringerung der zulässigen Abweichungen die Gestalt der Werkstücke zuverlässig messen zu können, muss die von Prof. Georg Berndt¹ formulierte „Goldene Regel der Messtechnik“ eingehalten werden:



*Prof. Dr. phil.
G. Berndt,
1880-1972*

Die Messunsicherheit soll 1/10 der angegebenen Toleranz nicht überschreiten²

*Goldene Regel
der Messtechnik*

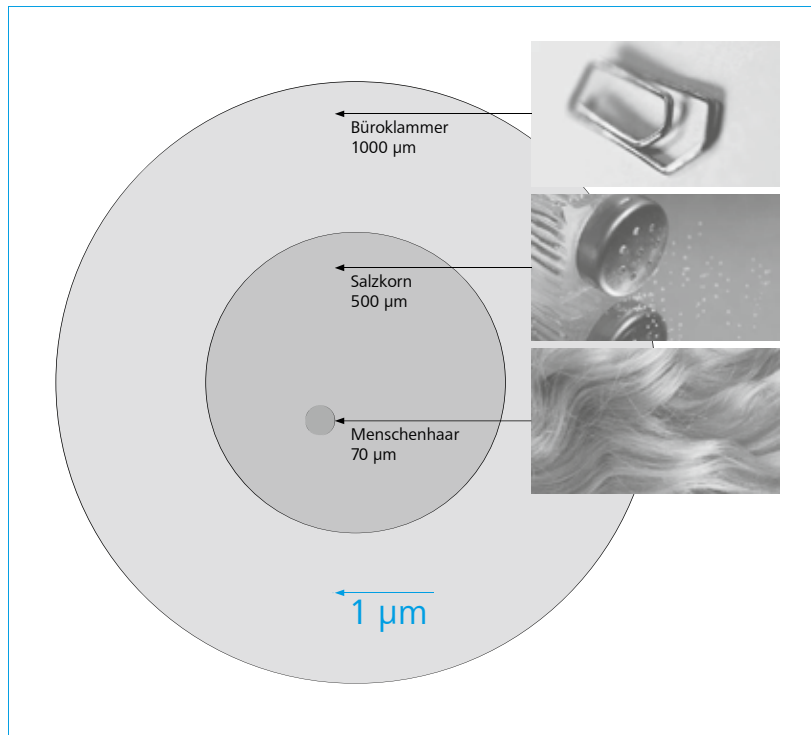
¹ Leiter des Instituts für Messtechnik und wissenschaftliche Grundlagen des Austauschbaus an der Technischen Hochschule Dresden

² Da diese Regel nicht auf Dauer aufrecht zu erhalten war, wird sie heutzutage auch mit 1/5 statt 1/10 benutzt.

Dies erfordert – neben dem Einsatz passender Geräte und Sensorik – die Entwicklung von Messstrategien³, die diese geforderte Genauigkeit gewährleisten; dadurch steigen auch die Ansprüche an das Wissen der Messgerätebediener kontinuierlich.

Messprozess → **GENAU**

Bild 2: Wie groß ist 1µm?



³ Unter Messstrategie wird in diesem Buch immer die Gesamtheit der Aufspann-, Ausrichte-, Antast-, Auswerte-, und Dokumentationseinstellungen verstanden.

1.2 Effizient Messen

Gleichzeitig erlaubt die Goldene Regel der Messtechnik jedoch auch, die Effizienz der Messtechnik zu steigern: Denn Messungen sollten immer nur so genau als nötig und dabei so effizient als möglich sein.



Die zulässige noch akzeptable (Ziel-)Messunsicherheit wird durch die Goldene Regel vorgegeben, sei es direkt oder in abgewandelter Form durch Untersuchung der Prüfprozesseignung nach [VDA 5] oder der Messprozesseignung nach [MSA 2010] (GR&R-Test)⁴.

Zugleich gehört zum effizienten Messen jedoch auch, den Nutzer der Messergebnisse am Beginn der Messprozessplanung schon zu berücksichtigen. Ob mit den Ergebnissen Prozesskontrolle oder Funktionsprüfung betrieben werden soll führt zu deutlichen Unterschieden in Auswerte-, Aufspan- und Antaststrategie, also in der gesamten Messstrategie. Hier heißt effizient messen, dass wirklich aufgabengerecht gemessen wird. Messergebnisse ohne eine inhaltliche Orientierung am Aspekt ihrer Nutzung sind wertlos.

*Funktion oder
Fertigung*

⁴ siehe auch [IMKAMP 2009]. Zu grundlegenden Überlegungen zur Effizienz von Koordinatenmessungen siehe [VOGEL 2010].



Funktionsorientiert messen: z. B.

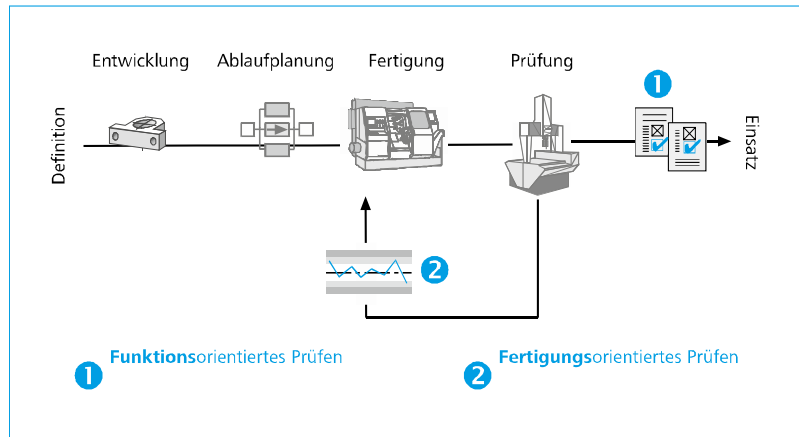
- ▶ Funktion eines Bauteiles prüfen
- ▶ Zusammenbau gewährleisten
- ▶ Wareneingangs- oder -ausgangskontrolle vornehmen
- ▶ Lehrenprüfung durch Prüfung mit dem KMG ersetzen
- ▶ Bemusterungsprüfungen durchführen



Fertigungsorientiert messen: z. B.

- ▶ Prozesskennwerte liefern
- ▶ Fertigungskorrekturwerte/Einstellgrößen ermitteln
- ▶ VDA 5- oder GR&R-Tests durchführen
- ▶ c_g - bzw. c_{gk} -Werte ermitteln

Bild 3: Funktions- oder fertigungsorientiertes Prüfen

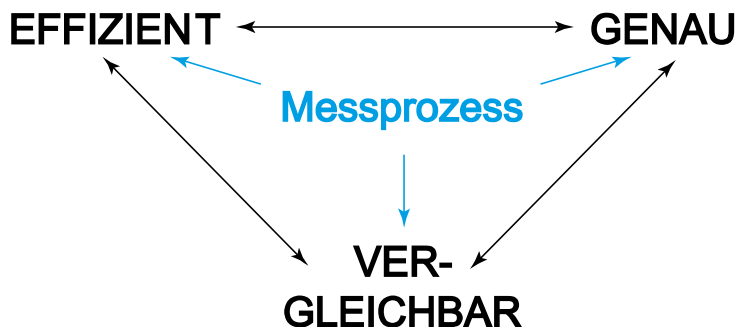


Die Weitergabe direkter Fertigungskorrekturwerte (Einstellgrößen) hilft der Fertigung mehr als z. B. die Angabe der Toleranzausnutzung einer Positionstoleranz ohne Richtung. Die direkte Weitergabe von funktionellen Größen wie Paarungsmaßen hilft dem Zusammenbau (Bild 3).

1.3 Vergleichbar messen

Es gibt heute kaum ein Werkstück, dessen Gestaltparameter mit Koordinatenmessgeräten nicht messbar sind. Diese Universalität und die Zunahme des Funktionsumfangs von KMG ermöglichen ein weites Einsatzgebiet dieser Technik, erhöhen jedoch dadurch zwangsläufig die Komplexität der Handhabung. Messergebnisse, die mit demselben KMG an demselben Werkstück unter vergleichbaren Umgebungsbedingungen bestimmt werden, können wegen der vielfältigen Definitionsmöglichkeiten und Einstellmöglichkeiten in der Messsoftware deutlich voneinander abweichen [z. B. WÄLDELE 1983, ROITHMEIER 2007].

Der oft kolportierte (und trotzdem falsche!) Satz „Richtig messen gibt es nicht, es ist nur wichtig, dass alle gleich falsch messen“ verdeutlicht nichtsdestotrotz die Wichtigkeit vergleichbarer Messergebnisse. In der heutigen, global organisierten und distribuierten Industrieproduktion nimmt die Vergleichbarkeit den gleichen Stellenwert ein wie die Genauigkeit⁵.



⁵ Genauigkeit ist in diesem Buch immer im Sinne von „geringe Messunsicherheit“ bzw. „große Nähe zum wahren Wert“ zu verstehen

Betrachtet man die Faktoren, die in der Koordinatenmesstechnik zur Beeinflussung von Messergebnis und Messunsicherheit führen, so können diese in sechs Gruppen zusammengefasst werden (vgl. auch Bild 5):

- ▶ Messgerät
- ▶ Umgebung
- ▶ Werkstück
- ▶ Messstrategie
- ▶ Bediener
- ▶ Aufgabenstellung

Vergleicht man die Maßnahmen zur Begrenzung der Auswirkungen der einzelnen Faktoren, so erkennt man, dass es für die Einflussfaktoren, die für die höchsten Ergebnisabweichungen und -unsicherheiten sorgen können, nämlich Bediener und Messstrategie, bisher die wenigsten konkreten Vorgaben gibt [vgl. KNAUER 2001]. Auch der Aspekt der allgemeinen Anwendbarkeit und „Robustheit“ von Messstrategien ist noch nicht berücksichtigt.

In einer von ZEISS im Jahr 2013 durchgeführten Intensiv-Studie bei Lieferanten der Carl Zeiss SMT GmbH sind die Defizite im gesamten Messprozess mit Hilfe eines so genannten Messprozess-Assessments detailliert erfasst worden (zum Messprozess-Assessment siehe auch Kapitel 6). Die größten Defizite bei den untersuchten Unternehmen lagen im Bereich der Qualifikation der messtechnischen Mitarbeiter und insbesondere bei der fehlenden Standardisierung und Dokumentation der Messstrategien (siehe Bild 4).

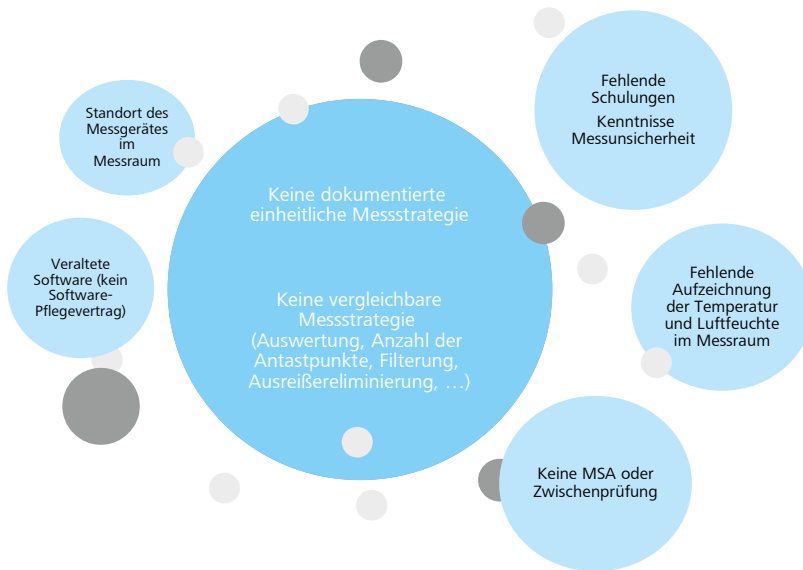


Bild 4: Defizite im Messprozess bei untersuchten Unternehmen

Deshalb ist es **zum einen** erforderlich, dass die Bediener die Grundlagen der Koordinatenmesstechnik, die Verfahren der Messdatenauswertung und den Umgang mit den Messgeräten beherrschen. Hier setzt AUKOM, die herstellerübergreifende Grundlagenausbildung in der Koordinatenmesstechnik, an [vgl. ROITHMEIER 2003, 2004].

Im Seminarangebot der ZEISS Metrology Academy finden Sie die AUKOM-Kurse der Stufen 1, 2 und 3, sowie spezielle AUKOM Workshops für Manager und für Form- und Lagetolerierung. Weiterhin finden Sie Grund- und Aufbauschulungen zur Messsoftware. Die Kursanmeldung erfolgt in der Regel erst nach umfanglicher Vorwissensanalyse der Teilnehmer, so dass jedem Teilnehmer der für ihn passende Kurs empfohlen werden kann.

Nähere Informationen unter www.zeiss.de/imt.

Qualifizierungstipp

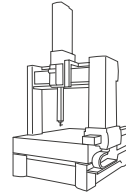
Bild 5: Messprozess und Messergebnis – Einflüsse

Messstrategie

- Prüfplanung
- Sensorwahl
- Messmethode
- Filterwahl
- Ausreißereliminierung
- Auswertestrategie
- Spann- / Fixierkonzept
- Ausrichtestrategie
- Beleuchtungskonzept
- Zoom
- Anzahl Messpunkte
- Verteilung Messpunkte
- Antastkraft
- Scanninggeschwindigkeit
- Drehtischeinsatz
- ...

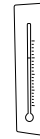
Messgerät

- Gerätegeometrie
- Sensorik
- Maßverkörperung
- Genauigkeit MPE
- Messbereich
- Messsoftware
- Fehlerkorrektur CAA
- Einmessnormal
- Beleuchtung
- Telezentrie
- Tastsystemgrenzen
- Hysterese, Dynamik
- ...



Umgebung

- Temperatur
- Temperaturgradient
- Temperaturdrift
- Wärmestrahlung
- Schmutz, Staub
- Schwingungen
- Feuchte
- Luftzug
- Lichtreflexionen
- ...



Anwender

- Aus- und Weiterbildung
- Wahl der Hilfsmittel
- Aufspannungskontrolle
- Ausrichtekontrolle
- Einmessen der Taster
- Messablaufplanung
- Kollisionsvermeidung
- Tasterzusammenbau
- Schaftantastung
- Geräteüberwachung
- Sorgfalt, Sauberkeit
- Motivation
- ...

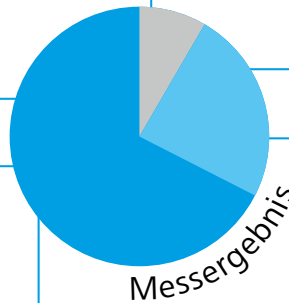
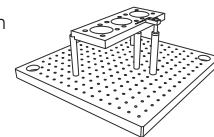


Aufgabenstellung

- Auftragsorientierung (Produkt, Prozess)
- Toleranzorientierung (z. B. $U/T < 0.2$)
- Prozess- und Taktzeitorientierung
- Angepasste Dokumentation
- Mengenorientierung
- ...

Werkstück

- Formabweichung
- Dimension
- Masse
- Material
- Längenausdehnung
- Oberfläche
- Glanz / Reflexion
- Teiletemperatur
- Teileverschmutzung
- Elastizität / Plastizität
- Zeichnung / CAD
- ...



Zum anderen ist es notwendig, um Genauigkeit, Vergleichbarkeit und auch Effizienz von Messprozessen zu erhöhen, den Anwendern von KMG insbesondere aufgabengerechte Messstrategien, also Vorgehensweisen zum Durchführen und Auswerten der Messung zur Verfügung zu stellen. Dies ist Gegenstand des vorliegenden Buches: *Fazit*

- ▶ Kapitel 2: Analysieren der Messaufgabe – Funktion und Fertigung (ab Seite 18) und
- ▶ Kapitel 3: Definieren der Auswertestrategien – Prüfgerechter Bezug, Ausgleichsverfahren, Filter, Ergebnisdarstellung festlegen (ab Seite 33)
- ▶ Kapitel 4: Definieren der Erfassungsstrategien – Spann- und Fixierkonzept, Basissystem, Tastersystem, Antastpunktanzahl und -geschwindigkeit, Ausreißereliminierung, Temperaturkompensation (ab Seite 59)
- ▶ Kapitel 5: Exemplarische Messrezepte (ab Seite 91)
- ▶ Kapitel 6: Genauigkeit und Vergleichbarkeit sicherstellen – Messprogrammdokumentation, Messstrategiezepte, Messprozessvalidierung (ab Seite 117).

2 Analyse der Messaufgabe

2.1 Vollständig beschriebenes Prüfmerkmal

Am Anfang jedes geometrischen Prüfprozesses, oder einfacher, jedes Messprozesses, steht die Analyse der Prüfaufgabe⁶.

- (WER) Wer benötigt die Messergebnisse, was ist der Zweck der Messung?
- (WIE) Wie und in welchen Teilbearbeitungsschritten wird das Werkstück gefertigt und aus welchem Material?
- (WOZU) Wozu soll das Werkstück verwendet werden, was ist die Funktion des Werkstücks?
- (WAS) Was soll gemessen werden, welche Merkmale sind relevant?

Erst alle aus den genannten Fragen gewonnenen Informationen zusammen erlauben es, geometrisches Prüfmerkmal umfassend zu definieren. Das so definierte Merkmal wird im Folgenden „vollständig beschriebenes Prüfmerkmal“ genannt. Im Bild 6 wird ein vollständiges Prüfmerkmal am Beispiel einer Gewindebohrung skizziert.



*Messtechniker
als Detektiv*

Nicht immer ist es einfach, alle diese Informationen zu erhalten, um eine passende Messstrategie für so ein dann vollständig definiertes Prüfmerkmal entwickeln zu können. Jedoch sind diese Informationen unabdingbar – ohne sie ist aufgabengerechtes Messen schlichtweg nicht möglich. Hier ist dann oft Detektivarbeit gefragt – der Messtechniker wird zu Sherlock Holmes.

⁶ Der Begriff „geometrischer Prüfprozess“ ist eigentlich der bessere, weil korrekte Begriff. Umgangssprachlich hat sich aber der „Messprozess“ (als pars pro toto) eingebürgert, dieser wird im Folgenden verwendet.

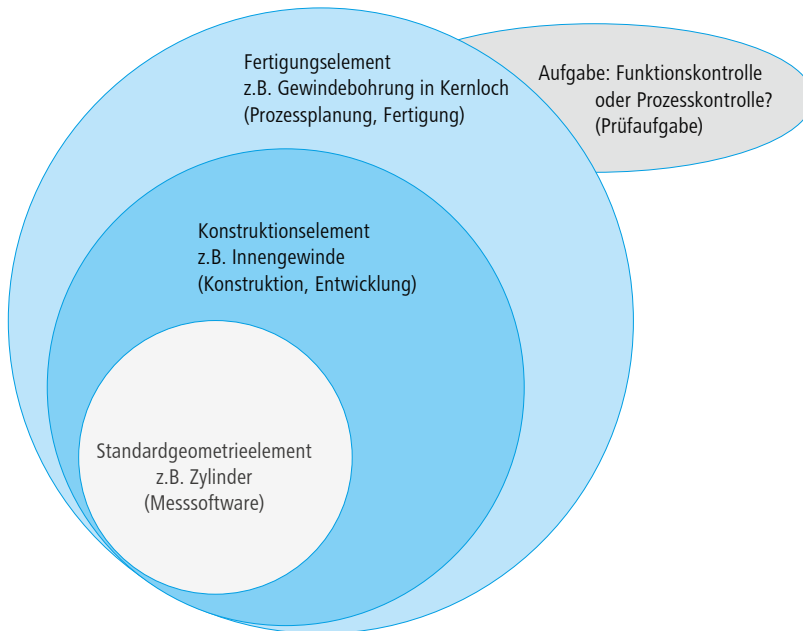


Bild 6: Vollständig beschriebenes Prüfmerkmal

Wer benötigt die Messergebnisse, was ist der Zweck der Messung? Dies ist die zu allererst zu beantwortende Frage. Die Unterschiede zwischen den Messergebnisverwendungen, also insbesondere zwischen funktions- und fertigungsorientierter Messung, wurden schon in Kapitel 1.2 aufgezeigt, diese Zuordnung ist jetzt vorzunehmen.

1. Frage: WER



Ist der Zweck der Messung, die Funktion zu prüfen⁷, müssen u. U. weitere Detaillierungen vorgenommen werden: Handelt es sich um eine vollständige Prüfung im Sinne eines Erstmusterprüfberichts oder sind spezielle „Problemfelder“ z. B. im Zusammenbau zu untersuchen? Sind Ausrichtung und Aufspannung genau so gebildet worden, wie das Teil in verbautem Zustand eingesetzt wird und seine Funktion erfüllen muss?

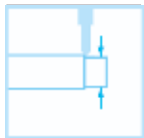
Funktion



⁷ Wie in Kapitel 1.2 beschrieben: Funktion/Zusammenbau prüfen, Erstmusterprüfung, Wareneingangs- oder -ausgangskontrolle, Lehrenersatz...

Denn eine funktionsorientierte Messung hat den Zweck, die vom Konstrukteur vorgegebenen Maß-, Form- und Lagetoleranzen zu prüfen. Im Allgemeinen kann von vergleichsweise stabileren Umgebungsbedingungen ausgegangen werden, u. U. können die Werkstücke sogar auf 20° Celsius temperiert werden.

Fertigung



Ist der Zweck der Messung die Prozesskontrolle⁸, so muss die Ausrichtung (der Bezug) dem Produktionsbezug entsprechen und die Aufspannung (das Spann- und Fixierkonzept) die Spannsituation in der Werkzeugmaschine abbilden. Weiterhin ist es für die Fertigungskontrolle wichtig, explizite statt implizite Toleranzangaben zu verwenden (siehe Kapitel 3.1)⁹. Ferner ist aus Stabilitätsgründen fast immer ein Gaußausgleich vorzunehmen (siehe Kapitel 3.2)¹⁰ und statt Go-/No-Go-Aussagen Richtung und Größe der Abweichung vom Soll auszugeben.

Denn für eine fertigungsorientierte Prüfung werden Werkstücke aus dem laufenden Prozess entnommen und einer Messung mit dem Zweck der Prozessstabilität unterzogen. Hierbei liegen im Allgemeinen instabilere Temperaturbedingungen vor. Eine Temperierung des Werkstücks auf 20° Celsius ist meist aus Zeit- und Aufwandsgründen nicht realisierbar, ebenso wie die vollständige Reinigung von Schmutz, Graten und anderen Unvollkommenheiten. Die zu kontrollierenden Toleranzen sind meist enger, da sich die Toleranzen der einzelnen Fertigungs-

⁸ Wie in Kapitel 1.2 beschrieben: Produktion/Fertigung steuern, Prozesskennwerte und Fertigungskorrekturwerte liefern, VDA5- bzw. GR&R-Tests, c_p - und c_{pk} -Werte ermitteln ...

⁹ ab Seite 9

¹⁰ ab Seite 39

prozessschritte nahezu addieren können. Ziel der Messung ist es, den laufenden Prozess zu steuern und zu korrigieren, um eine Fehlerfortpflanzung auf die darauf folgenden Prozessschritte zu vermeiden [KAUFMANN 2013].

Die wichtigsten Messstrategieunterschiede zwischen funktions- und fertigungsorientierte Messung sind nochmals in Tabelle 1 zusammengefasst.

	Funktion	Fertigung
Ergebnis	☺ ☹	z. B. 0,03 mm in +X, 0,06 mm in +Y
Ausgleichs- verfahren	Gauß, Hüll, Pferch, Tschebyscheff	(fast nur) Gauß
Spann- und Fixierkonzept	... wie eingebaut	... wie gefertigt
Bezug	Zusammenbaubezug	Produktionsbezug
Form- und Lage- Auswer- tung	Implizit & explizit ¹¹ , z. B. ☉	Nur explizit, z. B. — //

Tabelle 1: Messstrategieunterschiede zwischen funktions- und fertigungsorientierte Messung

Wie und in welchen Teilbearbeitungsschritten wird das Werkstück gefertigt und aus welchem Material? Das Werkstückmaterial hat Einfluss auf zulässiges Tastkugelmateriale und ggf. Antastkraft (siehe Kapitel 4.3)¹², die zur Verfügung stehenden Fertigungsverfahren und Art und Größe der zu erwartenden

2. Frage: WIE



¹¹ Eine implizite Toleranz schränkt stillschweigend weitere Toleranzen ein (siehe auch Tabelle 6, Seite 36).

¹² ab Seite 66

E Bilder und Tabellen

Bild 1: Produktentwicklung im Lauf der Zeit	9	<i>Bilder- verzeichnis</i>
Bild 2: Wie groß ist 1 μm ?	10	
Bild 3: Funktions- oder fertigungsorientiertes Prüfen	12	
Bild 4: Defizite im Messprozess bei untersuchten Unternehmen	15	
Bild 5: Messprozess und Messergebnis –Einflüsse	16	
Bild 6: Vollständig beschriebenes Prüfmerkmal	19	
Bild 7: Typische gemessene Materialien im dt. Automobilbau [FRAUNHOFER 2010]	22	
Bild 8: Zwei Messungen mit nicht abgestimmten Messstrategien – zwei nicht vergleichbare Messergebnisse	24	
Bild 9: Bearbeitungsschritte vorzentrierte geschnittene Gewindebohrung	27	
Bild 10: Gleichaussehendes Werkstücksmerkmal – unterschiedliche Funktionen [Bildidee: AfM GmbH, Aalen]	28	
Bild 11: Häufigkeitsverteilung der Prüfmerkmale – Studie ZEISS 2012	32	
Bild 12: Unsichere Bezugsbestimmung bei geringer Ausdehnung des Bezugslements	33	
Bild 13: Nicht prüfgerechter und prüfgerechter Bezug	34	
Bild 14: Paarungsprüfung mit dem Hüll-/ Pferchverfahren	39	
Bild 15: Digitales Tiefpassfilter	47	
Bild 16: Gaußfilter mit Gewichtsfunktion (Glockenkurve) bei unterschiedlichen Grenzwellenlängen	48	
Bild 17: Filtervorlauf- und -nachlaufstrecken beim Gaußfilter	50	
Bild 18: Fourier-Analyse einer Kontur	53	
Bild 19: Fertigungsorientiertes Messprotokoll	55	
Bild 20: Funktionsorientiertes Messprotokoll	56	
Bild 21: Ortstoleranzen sind für Regelkarten nur bedingt geeignet (Bildidee: H. G. Pressel)	57	
Bild 22: Beispiel eines Messaufnahmesystems der Carl Zeiss Fixture Systems GmbH	61	
Bild 23: Werkstückaufspannung dokumentieren	63	
Bild 24: Unterschied zwischen verzapften und verklebten		

Tastkugeln	67
Bild 25: Materialauftrag auf Rubintastkugel	69
Bild 26: Abplattung eines Rubintasters	70
Bild 27: Mechanische Filterwirkung der Tastkugel	71
Bild 28: Größter zulässiger Tasterdurchmesser ohne Beeinflussung der Amplitudenhöhe.....	72
Bild 29: Unterschiedliche Wärmeausdehnung von 100 mm langen Tastern aus verschiedenen Materialien.....	77
Bild 30: Temperatureinfluss bei unterschiedlichen Antastrichtungen	77
Bild 32: Dokumentieren der Tasterwechseinrichtung	78
Bild 33: Einfluss des Antastmodus auf das Messergebnis	80
Bild 34: Schrittweise Erhöhung der Scanninggeschwindigkeit zur Ermittlung der maximalen vernünftigen Geschwindigkeit.	82
Bild 35: Antastprobleme bei weichem Werkstückmaterial	84
Bild 36: Ausreißereliminierung ohne und mit Vorfilterung	86
Bild 37: Bildoptische Messung (links) und taktile Annäherung.....	96
Bild 38: Antasten eines Dreibogengleichdicks mit 3, 4 oder 7 Punkten. Quelle: [AUKOM 2].....	97
Bild 39: Einfluss der Formabweichung auf eine Kreisbahnkontur	98
Bild 40: Verschiedene Antaststrategien für die Messung zylindrischer Geometrielemente	99
Bild 41: Mantellinienmessung ohne und mit Vorausrichtung	103
Bild 42: Formular für Messstrategiedokumentation	116
Bild 31: Montage von Tasterverlängerungen	119
Bild 43: Orientierung der Einmesskugel	121
Bild 44: Versionsstände von CALYPSO-Prüfplänen	125
Bild 45: Qualitätsregelkarten	126
Bild 46: Echtzeit-Messwerteüberwachung mit PiWeb	126
Bild 47: Messprozess-Assessment-Zertifikat	127

*Tabellen-
verzeichnis*

Tabelle 1: Messstrategieunterschiede zwischen funktions- und fertigungsorientierte Messung	21
Tabelle 2: Erreichbare Fertigungsgenauigkeiten (Beispiele).....	23
Tabelle 3: Beispiele für Fertigungsabweichungen	26
Tabelle 4: Transferwissen Vollständig beschriebenes Prüfmerkmal → Messparameter.....	30
Tabelle 5: Transferwissen Vollständig beschriebenes Prüfmerkmal → Messparameter.....	32
Tabelle 6: Implizit eingeschränkte Form- und Lagetoleranzen	36
Tabelle 7: Ausgleichsverfahren und Abkürzungen.....	37
Tabelle 8: Vorgeschlagene Ausgleichsverfahren abhängig vom Prüfmerkmal bei Bohrungen	43
Tabelle 9: Vorgeschlagene Ausgleichsverfahren abhängig vom Prüfmerkmal bei Wellen.....	44
Tabelle 10: Vorgeschlagene Ausgleichsverfahren abhängig vom Prüfmerkmal bei Flächen	45
Tabelle 11: Empfohlene Filtereinstellung für rotationssymmetrische Werkstücke nach [AUKOM 2]	51
Tabelle 12: Empfohlene Filtereinstellung für Formmessung auf Flächen.....	52
Tabelle 13: Empfohlene Filtereinstellung für Ortsmessung auf Flächen.....	52
Tabelle 14: Benennung von Messstrategien.....	58
Tabelle 15: Grenzwerte für ausgewählte Tastersysteme.....	67
Tabelle 16: Übliche Kugelmateriale und Einsatzgebiete.....	68
Tabelle 17: Größter zulässiger Tastkugeldurchmesser bei der Formmessung von Innendurchmessern	73
Tabelle 18: Größter zulässiger Tastkugeldurchmesser bei der Formmessung von Außendurchmessern	73
Tabelle 19: Größter zulässiger Tastkugeldurchmesser bei der Formmessung von Ebenen	74
Tabelle 20: Tasterschaftmaterialien und ihre Eigenschaften	75
Tabelle 21: Minimale Antastpunktanzahl in Abhängigkeit der Grenzwellenzahl	81
Tabelle 22: Minimale Antastpunktanzahl in Abhängigkeit der Grenzwellenlänge	82
Tabelle 23: Antastpunktanzahlen bei Einzelpunktantastung.....	83

Tabelle 24: Längenausdehnungskoeffizienten	89
Tabelle 25: Anzahl der Kreisbahnen bei der Erfassung von Bohrungen	93
Tabelle 26: Anzahl der Kreisbahnen bei der Erfassung von Wellen	100
Tabelle 27: Erhöhung der relativen Messunsicherheit bei Kreissegmenten	112

F Formular Messstrategiedokumentation

ID: _____

CAD: _____

Zeichnung(seintrag):

Erstellt:

Messelemente – Messverfahren

1 _____

2 _____

3 _____

.....

Bezugselemente - Messverfahren

4 _____

5 _____

6 _____

.....

Auswertestrategie

	1	2	3
Ausgleichsverfahren für Messelemente und Bezüge			
Filter			
Ausreißereliminierung			
Vorfilter			
Weiteres: (Formeln, Versatz, etc.)			

Messstrategie (z. B. taktill)

	1	2	3
Tastkugel Ø			
Scanning-V			
Antastpunkte #			
Schrittweite			
Messhöhe(h)			
Weitere Parameter			
Aufspannplan			
Tasterkonfiguration			

Teilbeschreibung:

Name: _____

ID: _____

Funktion: _____

Material: _____

Dimension: _____

Toleranz: _____

Messauftrag:

Funktionsprüfung

Vollst. Erstmusterprüfung

Fertigungsabschnittskontrolle

Produktionsüberwachung

Weiteres, Besonderheiten:

Sensorik

Scannender Sensor

Einzelpunkt Sensor

.....

G Index

3-2-1-Aufspannung	59	Diamant	68
Abplattung	70	DIN EN ISO 1101	39
Abrasionseffekt.....	68	DIN EN ISO 11562	47
Abstandssensor	96	DIN EN ISO 12180-2	99
Aluminiumverlängerung.....	76	DIN EN ISO 14405-1	42
Antastgeschwindigkeit.....	79	DIN EN ISO 291	87
Antastkraft	79	DIN ISO 5459	40
Antastmodus	80	Drehmomentschlüssel.....	118
Antastparameter	79	Dreibogengleichdick	26, 97
Antastpunktanzahl.....	79	Durchlichtbeleuchtung.....	96
Aufspannung	59	Durchmesser, flächenbezogen	42
Aufspannvorrichtung	62	Durchmesser, umfangbezogen	42
AUKOM.....	15	Durchmesser, volumenbezogen	42
Ausgleichsverfahren.....	37	42
Ausreißer	85	Durchmesserbestimmung	94, 101
Ausreißereliminierung	85	Effizienz.....	17
Äußere Tangentialfläche	108	Einflüsse	14
Äußeres Tangentialelement....	38	Einheitswelle-	
Basiskoordinatensystem	64	/Einheitsbohrungssystem	38
Basissystem.....	65	Einmessen	119
Bezugstemperatur.....	87	Einmessprotokoll	121
Bildverarbeitende Sensorik	96	Eintauchtiefe	92
Bohrung	92	Einzelpunktantastung	79
BS7172.....	83	Erfasste Geometrie	25
Chebyshev.....	40	Explizite Toleranz.....	35
Chebyshev	40	explizite Toleranzangabe.....	20
Checkliste	128	Feinausrichtung	64
CNC-Programme.....	125	Fertigung des Werkstücks .	18, 21
Cookbook.....	125	Fertigungsabweichungen.....	26
Deckfläche.....	92	Fertigungsgenauigkeit	23
Default-Rezept.....	91	Fertigungskorrekturwerte	12

Fertigungsorientiert	12	Gussprozess.....	115
Fertigungstoleranz	9	Helixbahn	79
Fertigungsverfahren	22	Hüftgelenkkopf.....	109
Filternachlauf	50	Hüllelement	38
Filtervor	50	Hüll-Maß	42
Filtervorlauf	50	Hüllverfahren.....	37
Fixierung.....	59	Implizite Toleranz.....	35
Formabweichung.....	22	implizite Toleranzangabe	20
Fourier-Analyse	53	Innere Tangentialfläche	108
Fourier-Transformation	53	Inneres Tangentialelement.....	38
Fügbarkeit	38	ISO 1	87
Funktion des Werkstücks	18	ISO 14405	95
Funktionsorientiert.....	12	ISO 7206-2	109
Gauß-50%-Filter	96	ISO 9001	128
Gaußkriterium.....	39	ISO/CD 22514-7	117
Gauß-Maß	42	ISO/TS 16610-1	49
Gaußsche Glockenkurve.....	47	IT-Klassen	23
Gaußverfahren.....	37	ITPL.....	37, 108
Genauigkeit	17	Kalibrieren	119
Geometrischen Prüfprozess....	18	Keramik.....	68
getrimmter Mittelwert	55	Kleinstes Rangordnungsmaß..	42
Glockenkurve.....	47	Kohlefaserverlängerung	76
Goldene Regel der Messtechnik	9	Koordinatenmessgerät	
GR&R-Test	12, 117	KMG	9
Grenzwellenlänge	47, 48	Kreisbahn	92
Grenzwellenzahl	48	Kreissegment.....	111
Grobausrichtung	64	Kristallide.....	70
Größtes Rangordnungsmaß ...	42	Künstliches Hüftgelenke.....	109
Grundlagenausbildung	15	Längenausdehnungskoeffizient	
GUM	117	88
Gussfläche	79	Lasersensor.....	96
Gussloch.....	115	Leistungsdaten	117

LSCI	37	MSA	11, 117
LSCY	37	MZCI	37
LSPL	37	MZCY	37
Master Control Center	125	MZLI	108
Materialauftrag	69	MZPL	37, 108
MCCI	37	Nachlauf, Filter	50
MCCY	37	n-Bogengleichdick	26
Mechanische Filterwirkung	71	Nenngeometrie	25
Median des		Nicht prüfgerechter Bezug	33
Rangordnungsmaßes	42	Nyquist-Theorem	81
Messaufnahme	62	Örtliches Maß	42
Messergebnisbericht	54	OTPL	37, 108
Messprotokoll	54	Pferchelement	38
Messprozess-Assessment 14, 127		Pferch-Maß	42
Messprozesseignung	11	Pferchverfahren	37
Messprozesses	18	PiWeb	126
Messstrategie	10	Prismenaufspannung	60
Messstrategien in Rezept-Form		Produktionsbezug	20
.....	91	Programm	123
Messsystemanalyse	117	Projektionsproblematik	94
Messunsicherheit	9, 117	Prozesskennwerte	12
MICI	37	Prozesskontrolle	20
MICY	37	Prüfgerechter Bezug	33
Minimum-Element	39	Prüfmerkmal,	
Minimumverfahren	37	vollständig beschriebenes	18
Mittelwert des		Prüfmittelfähigkeitsuntersuchung	
Rangordnungsmaßes	42	117
Mittlerer Wert der Spanne des		Qualitätsbenchmark	128
Rangordnungsmaßes	42	Raumtemperatur	87
Montagefähigkeit	38	Realtime Analysis Server	126
morphologisches Filter	96	Riss	26
MPE	117	Robuste Filterung	85

RPS-Ausgleich	40	ThermoFit Pro	76
Rubin	68	ThermoFit-Verlängerung	76
Saphir	68	Titanverlängerung	76
Scanning	79	Tschebyscheff	40
Serienmessung	80	Tschebyscheff-Element	39
Siliziumnitrid	68	Umgebungstemperatur	90
Spann- und Fixierkonzept	20	Umspannen	59
Spannreihenfolge	60	UPR	48
Spannweite des		V2A	76
Rangordnungsmaßes	42	VDA 5	11, 117
Spline	96	Vergleichbarkeit	13, 17
Stahlverlängerung	76	Versatz	26
Startsystem	64	Versionierung	125
Statisch bestimmte Aufspannung		Virtuelle Lehre	38
.....	59	Vollständig beschriebenes	
Statisch überbestimmte		Prüfmerkmal	18
Aufspannung	59	Vorfilter	86
Tangentialelement		Vorfilterung	86
äußeres	38	Vorlauf, Filter	50
inneres	38	W/U	48
Tasterschaft	75	Werkstücklage	64
Tastersystem	66	Winkleinstellgerät	119
Tasterverlängerung	76	Wirkliche Geometrie	25
Tasterwechseinrichtung	78	Zirkonoxid	68
Tastkugel	66	zugeordnete Geometrie	25
Taststiftverlängerung	66	Zweck der Messung	18
Temperaturdrift	87	Zweipunktmaß	42
Temperaturkompensation	87	α -Kalibrierung	90

Buch bestellen:



<https://taster.zeiss.de/de/Schulungsmaterial/Bucher/category-1012.html>

Es gibt heute kaum ein Werkstück, dessen Gestaltparameter mit Koordinatenmessgeräten nicht messbar sind. Die universelle Einsetzbarkeit der Geräte ermöglicht ein weites Einsatzgebiet dieser Technik, erhöht jedoch dadurch zwangsläufig die Komplexität der Handhabung. Der große Umfang der gerätespezifischen Bedienungssoftware auf der einen Seite und die vielfältigen theoretischen Überlegungen für ein zielgerichtetes Bearbeiten von Messaufgaben auf der anderen Seite führen dazu, dass Messergebnisse, die mit demselben Koordinatenmessgerät an demselben Werkstück unter vergleichbaren Umgebungsbedingungen bestimmt wurden, deutlich voneinander abweichen können.

Um die Vergleichbarkeit von Messergebnissen zu erhöhen, ist es daher – neben einer fundierten AUKOM-Ausbildung – notwendig, den Bedienern der Koordinatenmessgeräte Vorgehensweisen zur Verfügung zu stellen, mit denen Sie Messstrategien (inkl. Aufspannung, Bezugsfestlegung, Antastung, Auswertung und Ergebnisdarstellung) detailliert definieren und dokumentieren können. Hier leistet dieses Buch der ZEISS Metrology Academy einen wertvollen Beitrag.

Dr. Robert Roithmeier ist bei der Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH zuständig für Wissensmanagement und neue Anwendungsgebiete. Er ist bei AUKOM e.V. verantwortlich für das Schulungskonzept und die AUKOM-Schulungsinhalte und Ausbilder der internationalen AUKOM-Trainer. Er hat drei Fachbücher zur Koordinatenmesstechnik sowie viele Artikel und Buchbeiträge publiziert.



www.zeiss.de/imt

EAN 81-56578

49,90 €