

Messstrategien am Kreis und am Kreisausschnitt

Veröffentlicht unter dem Titel „Genau genug? Messstrategien in der Koordinatenmesstechnik“ in Kontrolle, Leinfelden-Echterdingen, Heft 3/1994, S. 52

Koordinatenmessgeräte sind heute aus der betrieblichen Qualitätsprüfung nicht mehr wegzudenken. Eines der größten Probleme bei ihrem Einsatz ist die Beantwortung der Frage, ob die Genauigkeit der Messergebnisse für die jeweilige Aufgabe ausreicht. Mit der Antwort entscheidet sich, ob die aufgewandten Mittel gerechtfertigt sind oder aber eventuell weitere Investitionen erforderlich werden. Besonders interessant ist hier die Möglichkeit, die Genauigkeit der Messung durch eine zweckmäßige Messstrategie zu verbessern und damit das vorhandene Gerät bestmöglich auszunutzen.

Die Genauigkeitskenngrößen für Koordinatenmessgeräte und ihre Prüfung sind in der Richtlinie VDI/VDE-2617 [1] beschrieben. Diese Kenngrößen sind jedoch nicht ohne weiteres auf die Messung an beliebigen Werkstücken übertragbar.

Bei praktischen Messungen weisen die angetasteten Oberflächen mehr oder weniger große Formabweichungen auf, die durch die stichprobenartige, geringe Messpunktanzahl wiederum nur mehr oder weniger gut erfasst werden. Beide Einflussgrößen – Formabweichung und Messpunktanzahl – haben also Auswirkungen auf die Genauigkeit der Messergebnisse.

Aus den angetasteten Punkten werden die Ergebnisse berechnet, z.B. Kreisdurchmesser, Mittelpunktkoordinaten oder Mittelpunktabstände.

Die Abweichung des Messergebnisses vom richtigen Wert der Messgröße kann in Einzelfällen sehr groß werden und sogar die Toleranz selbst überschreiten. Fehlerhafte Messergebnisse führen damit zu falschen Beurteilungen der Prüflinge: Gute Teile können im schlimmsten Fall wegen einer ungeeigneten Messstrategie als Ausschuss gewertet werden und so unnötige Kosten verursachen.

Die Genauigkeit wird durch die Kenngröße Messunsicherheit quantitativ beschrieben [2]. Sie wird üblicherweise für ein Vertrauensniveau von $P=95\%$ angegeben und soll die zulässige Unsicherheit nicht überschreiten. Diese erhält man nach der Goldenen Regel der Fertigungsmesstechnik: die Messunsicherheit soll nicht größer als ein Fünftel der Toleranz des Prüfmerkmals sein.

Eine sehr häufige Messaufgabe ist die Messung von Bohrungen und Wellen als Kreise in einer Schnittebene senkrecht zur Achse. Die Unsicherheit der Kreisparameter (Durchmesser und Mittelpunktkoordinaten) hängt dabei von der Standardabweichung am Ausgleichskreis sowie der Anzahl und Anordnung der Messpunkte ab. Diese Abhängigkeit ist für einige typische Punktanordnungen im Bild 1 dargestellt.

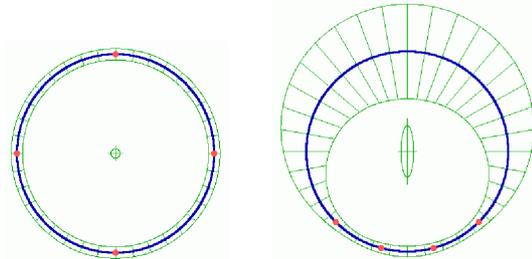


Bild 1: Unsicherheiten am Kreisausschnitt für verschiedene Messpunktanordnungen

Für den Fall, dass die Antastpunkte gleichabständig über den ganzen Kreisumfang angeordnet sind, ist die Unsicherheit des Mittelpunktes in allen Richtungen gleich groß, und der Vertrauensbereich der Kreislinie ist gleichmäßig schmal. Die Unsicherheiten der Kreisparameter sind dann nur noch von der Anzahl der Messpunkte und der Standardabweichung abhängig. Die folgende Tabelle zeigt diesen Zusammenhang.

Tabelle 1: Unsicherheit am Ausgleichskreis in Abhängigkeit von der Messpunktanzahl n , Bedingungen:

- Gleichabständige Punkte am Kreis ($U_x=U_y=U_M$)
- Unabhängige und normalverteilte Abweichungen
- Vertrauensniveau $P=95\%$
- Normiert auf die Standardabweichung $s=1$

Punkte n	Mittelpunkt U_M/s	Durchmesser U_D/s
4	9,0	12,7
8	1,3	1,8
16	0,8	1,1
32	0,5	0,7
64	0,35	0,5
125	0,25	0,35
250	0,18	0,25
500	0,12	0,17
1000	0,09	0,13

Die angegebenen Unsicherheitsfaktoren sind auf die Standardabweichung s normiert. Zur Abschätzung der Messunsicherheit ist der Faktor für die jeweilige Messpunktzahl aus der Tabelle zu entnehmen und mit der Standardabweichung aus der Messung des Formelements zu multiplizieren. Damit erhält man die Unsicherheiten des Durchmessers (U_D) und der Mittelpunktkoordinaten in beliebiger Richtung (U_M).

Für eine Standardabweichung von $4\ \mu\text{m}$ betragen z.B. bei 32 Messpunkten die Unsicherheit des Mittelpunktes $2\ \mu\text{m}$ und die des Durchmessers $2,8\ \mu\text{m}$. Ist die Durchmessertoleranz gleich oder größer als $14\ \mu\text{m}$, wird die zulässige Messunsicherheit nach der Goldenen Regel eingehalten. Ist die Toleranz wesentlich kleiner, so sollte die Messung mit einer deutlich größeren Messpunktzahl wiederholt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Standardabweichung kaum ändern wird. An den Faktoren der Tabelle kann man ablesen, wie groß die Messpunktzahl etwa sein muss, um ein genügend genaues Ergebnis zu erhalten. Werden die Zahlen sehr groß (mehr als 100 Punkte), so ist aus zeitökonomischen Gründen die Messung im allgemeinen nicht mehr zu empfehlen. Hier sollte der Einsatz eines genaueren Messgerätes oder eines anderen Verfahrens zur Messunsicherheitsberechnung erwogen werden [3] [4].

Nicht in jedem Fall steht der ganze Kreisumfang für Antastungen zur Verfügung. Aber auch für den Fall der gleichabständigen Anordnung von Punkten auf einem Kreisausschnitt (siehe Bild 1) gibt es eine einfache Lösung. Die Unsicherheiten der Kreisparameter hängen neben den in Tabelle 1 genannten Bedingungen noch vom Zentriwinkel des Kreisausschnittes ab, in dem die Antastpunkte liegen. Diese Abhängigkeit lässt sich in einem Diagramm darstellen, siehe Bild 2.

Die Werte im Diagramm sind auf den Fall gleichabständiger Punkte am Vollkreis normiert (Zentri-

Faktoren für die Messunsicherheit (logarithmiert)

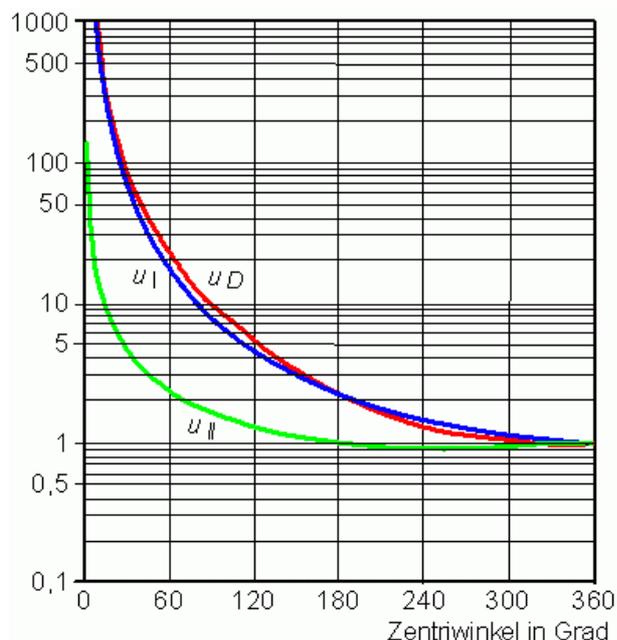


Bild 2: Relative Unsicherheiten der Mittelpunktkoordinaten und des Durchmessers am Kreisausschnitt, bezogen auf den Vollkreis

winkel= 360°). Bei der Messung an einem Kreisausschnitt wird zunächst die Unsicherheit der Kreisparameter nach Tabelle 1 für den Vollkreis ermittelt. Dann multipliziert man sie mit den Faktoren für den Zentriwinkel aus dem Diagramm im Bild 2 und erhält Schätzwerte für die Unsicherheiten. Der Vergleich mit den zulässigen Unsicherheiten erfolgt wie oben beschrieben.

Das Diagramm zeigt deutlich, dass Zentriwinkel unter 180° möglichst vermieden werden sollten, da hier die Unsicherheiten stark ansteigen. Für einen Zentriwinkel von 60° liest man bei u_D rund 24 ab. Die Unsicherheit des Durchmessers an diesem Kreisausschnitt beträgt demnach das 24-fache der Unsicherheit am Vollkreis, also $0,067\ \text{mm}$ gegenüber $2,8\ \mu\text{m}$ für das obige Beispiel. Bei einem Winkel von 6° ist der Faktor rund 1000, als Durchmesserunsicherheit erhält man $2,8\ \text{mm}$. Im gleichen Verhältnis werden die prüfbaren Toleranzen größer: $0,335$ (60°) und $14\ \text{mm}$ (6°).

Bei den Mittelpunktkoordinaten ist die Situation ähnlich. Hier liegt ein klassisches Beispiel dafür vor, dass auch das genaueste Messgerät nichts nützt, wenn die Messaufgabe falsch gestellt ist.

Zu dem Thema werden Schulungen angeboten:

- Funktions-, fertigungs- und prüfgerechte Lagetoleranzen (für Konstrukteure)
- Lagetoleranzen und Bezugssysteme (für Fertigungstechniker und Messtechniker)
- Messstrategie bei Koordinatenmessungen (für Messtechniker)

In praktischen Übungen wird die Vorgehensweise trainiert. Die Teilnehmer werden befähigt, Zeichnungen zu analysieren und funktionsgerechte Zeichnungseintragungen zu erarbeiten bzw. optimale Messstrategien anzuwenden.

Literatur:

- [1] VDI/VDE 2617: Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten. Kenngrößen und deren Prüfung, Blätter 1 bis 6 (1986 bis 1996)
- [2] Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen. Beuth Verlag Berlin 1995
- [3] Hernla, M.: Abschätzung der Messunsicherheit bei Koordinatenmessungen unter den Bedingungen der industriellen Fertigung. VDI-Fortschrittsberichte, Reihe 2, Nr. 274, Düsseldorf 1992
- [4] Hernla, M.: Unsicherheit angrenzender Formelemente. Qualität und Zuverlässigkeit 38 (1993) 6, S. 373-378

Weitere Informationen erhalten Sie bei:

Dr.-Ing. Michael Hernla, Telefon 0231 136010
Sonnenplatz 13, 44137 Dortmund
michael.hernla@t-online.de
www.dr-hernla.de