

# Sichere Messergebnisse in jeder Umgebung

## Vermeidung von Messabweichungen durch Temperaturkompensation

**PRAXISTIPP** Abweichungen von der Bezugstemperatur können große Messabweichungen verursachen. Die Erfassung der Temperatur ermöglicht eine rechnerische Kompensation der thermischen Effekte am Koordinatenmessgerät. Damit ergibt sich eine deutlich kostengünstigere Alternative zu einem hochgenau klimatisierten Messraum.

Johannes Bieber

**DURCH TEMPERATURABWEICHUNGEN** entsteht eine der vielen verschiedenen Komponenten der Messunsicherheit. Geräte-, Maßstabs- und Werkstücktemperatur beeinflussen das Messergebnis unmittelbar. Abweichungen der Raumtemperatur zur Bezugstemperatur von 20°C wirken indirekt auf diese Temperaturen. Zusätzliche Einflussfaktoren sind die Restwärme des Werkstücks (z. B. vom Bearbeiten und Handhaben) sowie Wärmequellen im Messgerät (z. B. Motoren, Lichtquellen). Zeitliche Temperaturgradienten verursachen eine Drift der Messergebnisse.

Die primären thermisch bedingten Quellen für die Messunsicherheit sind die lineare Ausdehnung des Werkstücks und der Maßstäbe mit steigenden Temperaturen. Weitere thermisch bedingte Messabweichungen entstehen unter anderem durch die Verformung des Messgeräts und durch die Längenänderung des Taststifts bei taktilen Messungen. Diese Effekte werden bei den meisten Geräten nicht korri-

giert. Die Größe der Messabweichung variiert abhängig vom thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Werkstückmaterials. Eine Temperaturkorrektur der Messergebnisse ist nur bei Einhaltung der Bezugstemperatur während der gesamten Messung nicht notwendig. Das heißt also bei einer gleichbleibenden Temperatur von 20°C sowohl des gesamten Koordinatenmessgeräts (KMG) als auch des Werkstücks.

### Thermisch bedingte Längenänderung

Je größer der thermische Ausdehnungskoeffizient des Materials  $\alpha$ , die Länge des Werkstücks  $L_0$  und die Temperaturabweichung  $\Delta T$  zur Bezugstemperatur sind, desto größer ist die thermisch bedingte Längenabweichung  $\Delta L$ :

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T$$

Ohne Temperaturkompensation ergibt sich beispielsweise für die Längenmessung an

einem 100 mm langen PVDC-Werkstück bei 25°C und Maßstäben auf Stahlträgern eine Messabweichung von ca. 70 µm.

Mit zunehmender Temperatur dehnt sich das Werkstück aus, und die Messabweichung nimmt zu. Da sich die Maßstäbe ebenfalls ausdehnen, wird die Messabweichung teilweise kompensiert (Bild 1). Daher wurde im oben genannten Beispiel die Längenänderung der Maßstäbe auf Stahlträgern von der des Werkstücks abgezogen. Misst man Werkstücke aus dem gleichen Material wie die Maßstäbe, kompensieren sich die Ausdehnungseffekte, sofern an Maßstäben und Werkstück die gleichen Temperaturbedingungen herrschen. Diese Methode hat jedoch zwei Nachteile:

- In der Praxis ist es eher selten, dass die Temperaturen von Maßstäben und Werkstück exakt übereinstimmen.
- So können nur Werkstücke gemessen werden, die aus dem gleichen Material wie die Maßstäbe bestehen.

Messlänge: 100 mm Ausdehnungskoeffizient Maßstäbe: wie Stahl		Temperatur			
		20°C	25°C	30°C	35°C
Werkstoff	Ausdehnungskoeffizient $\alpha$ in $\mu\text{m} / \text{m K}$	Mittlere systematische Messabweichung der Länge $\Delta L$ in $\mu\text{m}$			
PVDC	150	0	69,3	138,5	207,8
Polyamid	100	0	44,2	88,5	132,8
Aluminium	24	0	6,3	12,5	18,8
Stahl	11,5	0	0	0	0

Tabelle 1. Temperaturabhängige systematische Messabweichung der Länge ohne Korrektur bei gleicher Temperatur an Werkstück und Maßstäben (© Werth)

Maßstäbe aus Spezialkeramik verfügen über einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten nahe null, sodass nur die Ausdehnung des Werkstücks berücksichtigt werden muss. Dies allein ist jedoch keine optimale Lösung zur Kompensation der thermisch bedingten Messabweichungen. Denn ohne rechnerische Temperaturkorrektur wird der Fehler durch die Ausdehnung des Werkstücks größer, wenn die Maßstäbe sich nicht ebenfalls ausdehnen. Die rechnerische Korrektur des thermischen Einflusses ist hier zwingend notwendig, wenn nicht sichergestellt werden kann, dass die Werkstücke exakt bei 20 °C gemessen werden.

### Spezifikation für reale Umgebungsbedingungen

Für jedes Koordinatenmessgerät gibt der Hersteller eine höchstzulässige Längenmessabweichung unter definierten Bedingungen an. Zu diesen Bedingungen gehört auch das Temperaturintervall, in dem das Gerät innerhalb der angegebenen Spezifikationen arbeitet. Die Spezifikationen gelten meist für Temperaturabweichungen von  $\pm 2$  K zur Bezugstemperatur von 20 °C im Messraum. Einige Hersteller garantieren eine höhere Leistungsfähigkeit des Messgeräts für stabilere Temperaturbedingungen, indem sie eine geringere höchstzulässige Längenmessabweichung beispielsweise bei Temperaturschwankungen von nur  $\pm 1$  K angeben.

Spezifikationen für den Betrieb des Geräts in einer nicht klimatisierten Umgebung, beispielsweise für fertigungsbegleitende Messungen, werden nur von wenigen Herstellern angeboten. Hier sollte die spezifizierte höchstzulässige Längenmessabweichung mindestens für ein Temperaturintervall zwischen 16 °C und 30 °C gültig sein. Dabei ist zu beachten, dass diese Spezifikation durch den Hersteller nicht eingeschränkt nur für Normale mit einem Ausdehnungskoeffizienten gleich Null gilt.

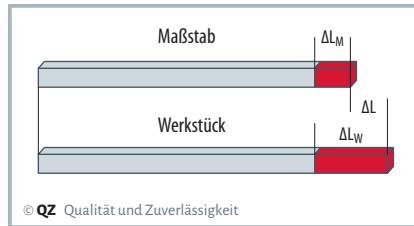


Bild 1. Die Ausdehnungen von Maßstab und Werkstück heben sich teilweise auf. (Quelle: Werth)

Eine solche Spezifikation wäre wenig praxistauglich, da kaum jemand Werkstücke mit dieser Eigenschaft misst.

Temperatursensoren an den Maßstäben gehören bei allen Werth-Koordinatenmessgeräten zur Standardausstattung. Mithilfe des thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Maßstabmaterials wird die lineare Ausdehnung mathematisch korrigiert.

### Rechnerische Korrektur der temperaturbedingten Messabweichungen

Bei Geräten mit besonders geringen Messabweichungen (HA – High Accuracy sowie UA – Ultra Accuracy) werden Maßstäbe aus Spezialkeramik verwendet. Diese Geräte sind meist trotz rechnerischer Temperaturkorrektur in klimatisierten Räumen aufgestellt. Für eine exakte Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten wäre unter Umständen eine aufwendige Kalibrierung am Werkstück notwendig. Die Unsicherheit der rechnerischen Temperaturkorrektur, bedingt durch die Kalibrierunsicherheit des Ausdehnungskoeffizienten, könnte die temperaturbedingten Messabweichungen bei größeren Temperaturdifferenzen sonst auch vergrößern. Durch die Klimatisierung werden auch die anderen oben genannten Effekte (Verzug etc.) vermieden.

Für den Einsatz des Koordinatenmessgeräts in der Fertigungsumgebung besteht die Möglichkeit, die Temperatur zusätzlich im Messvolumen oder direkt am Werkstück zu messen. Die letztere Variante liefert genauere Ergebnisse, ist allerdings für den

Bediener aufwendiger. Der thermische Ausdehnungskoeffizient für die verschiedenen Materialien kann meist Tabellen entnommen werden oder ist durch Kalibrierung zu bestimmen. Nach Eingabe des Ausdehnungskoeffizienten für das jeweilige Werkstückmaterial berechnet die Messsoftware WinWerth die Ausdehnung des Werkstücks und korrigiert die Messwerte entsprechend.

Die Werkstück-Temperaturkompensation ist unerlässlich in der Fertigungsumgebung und in Messräumen mit weniger guter Klimatisierung. Für Werkstücke mit engen Toleranzen oder für große Messlängen, bei denen die temperaturbedingte Längenänderung stärker ins Gewicht fällt, muss ebenfalls eine Werkstück-Temperaturkorrektur eingesetzt werden.

An Werth-Geräten kann diese leicht nachgerüstet werden. Sie garantiert den Betrieb des Geräts innerhalb der angegebenen Spezifikationen in einem Temperaturintervall von 16 °C bis 30 °C. Wird bei Temperaturschwankungen von  $\pm 2$  K im Messraum zusätzlich eine Werkstück-Temperaturkompensation verwendet, erreichen beispielsweise der Bildverarbeitungssensor oder konventionelle Tastsysteme dieselbe höchstzulässige Längenmessabweichung wie bei Abweichungen von nur  $\pm 1$  K zur Bezugstemperatur. ■

## INFORMATION & SERVICE

### KONTAKT

Werth Messtechnik GmbH  
M.Sc. Johannes Bieber  
T 0641 7938-0  
mail@werth.de  
www.werth.de

### QZ-ARCHIV

Diesen Beitrag finden Sie online:  
[www.qz-online.de/3425583](http://www.qz-online.de/3425583)