

Messunsicherheit und Prüfprozesseignung nach VDA Band 5

Manuskriptfassung des Beitrags

*„Vielseitige Tabelle. Messunsicherheit und Prüfprozesseignung nach VDA Band 5“
Quality Engineering, Leinfelden-Echterdingen, Heft 1-2 (2003), S. 50-51*

Der VDA Band 5 „Prüfprozesseignung“ beschreibt Vorgehensweisen

- zur Ermittlung der Messunsicherheit
- zum Nachweis der messtechnischen Anforderungen an Prüfmittel
- zum Nachweis der Eignung von Prüfprozessen
- zur Berücksichtigung der Messunsicherheit bei der Beurteilung der Übereinstimmung mit Spezifikationen

Die zentrale Aufgabe ist dabei die Bestimmung der Messunsicherheit unter Einbeziehung der wesentlichen Einflussgrößen. Bei der Messung geometrischer Größen sind das vor allem:

1. Die Abweichung des Messmittels selbst
2. Die Handhabung des Messmittels durch den Bediener
3. Das Werkstück mit den örtlichen Formabweichungen der Oberfläche
4. Die Temperaturen des Messmittels und des Werkstücks

In VDA Band 5 sind einige Beispiele zur Ermittlung der Messunsicherheit angegeben. Vielfach werden jedoch die notwendigen Messreihen als sehr aufwendig empfunden. Dazu kommen die vielfältigen Fehlermöglichkeiten bei der Berechnung mit dem Taschenrechner. Deshalb sollten alle Möglichkeiten genutzt werden, um den Umfang der Messreihen zu reduzieren und die Berechnung zu vereinfachen, z.B. durch die Nutzung eines entsprechenden Tabellenkalkulationsprogrammes.

Anforderungen an das Prüfmittel

Nach dem VDA Band 5 werden die Einhaltung der messtechnischen Anforderungen an das Prüfmittel und die Eignung des Prüfprozesses getrennt beurteilt. Bei handelsüblichen Prüfmitteln wie Messschieber, Messschrauben usw. wird zunächst die Standardunsicherheit u_{PM} des Prüfmittels aus dessen Fehlergrenze a berechnet. Diese beinhaltet die Abweichung des Prüfmittels selbst, aber auch seine Handhabung durch den Bediener bei seiner Prüfung mit den entsprechenden Normalen. Die Abweichung der Anzeige darf dabei die Fehlergrenze a nicht überschreiten, wie sie in Normen, vom Hersteller oder vom Nutzer selbst festgelegt ist.

Bei der Berechnung der Standardunsicherheit u_{PM} aus der Fehlergrenze a wird meist von der theoretischen Annahme einer Rechteckverteilung der Messabweichungen innerhalb dieser Grenzen ausgegangen, und es ist $u_{PM} = 0,6a$. Die praktische Erfahrung zeigt jedoch, dass die Fehlergrenzen von den Abweichungen in der Regel nicht voll ausgenutzt werden, sondern dass die meisten Abweichungen nahe bei null liegen. So weisen z.B. die meisten Digitalmessschieber eine Abweichung von maximal 0,01 mm auf, während die Fehlergrenze nach DIN 862 bei 0,02 mm liegt. Messschieber mit Abweichungen an der Grenze sollten sowieso aussortiert werden, da der weitere Gebrauch das Risiko einschließt, die Fehlergrenze bald zu überschreiten.

Deshalb ist es gerechtfertigt, eine Normalverteilung der Abweichungen innerhalb der Fehlergrenzen anzunehmen – was sich auch anhand der Ergebnisse der turnusmäßigen Prüfmittelüberwachung ohne weiteres belegen lässt. Damit ist $u_{PM}=0,5a$. In dieser Standardunsicherheit sind die Auflösung des Prüfmittels und seine Handhabung durch den Bediener bereits enthalten, da die Einhaltung der Fehlergrenzen in der Regel durch Messungen an Normalen geprüft wird.

Eignung des Prüfprozesses

Die Eignung des Prüfprozesses wird anhand der erweiterten Messunsicherheit U beurteilt. Dazu sind zusätzlich zu dem Einfluss des Prüfmittels die Anteile der örtlichen Formabweichungen der Werkstückoberfläche und der Temperatur zu berücksichtigen. Der Einfluss des Werkstücks kann durch Wiederholungsmessungen ermittelt werden, bei denen jedesmal andere Stellen der Oberfläche zu messen sind. Der Temperatureinfluss wird zweckmäßig rechnerisch abgeschätzt.

Die Anzahl der Messungen ist nicht ausdrücklich festgelegt. In den Beispielen werden meist 25 Messungen zugrunde gelegt, um eine statistisch sichere Aussage zu erhalten. Die aus allen Einflussgrößen resultierende Standardunsicherheit $u(y)$ der Messgröße wird mit dem Erweiterungsfaktor $k=2$ multipliziert, um die erweiterte Messunsicherheit U zu erhalten.

Die Anzahl der Messungen lässt sich aber deutlich reduzieren, wenn anstelle von $k=2$ mit dem Wert der t -Verteilung für die effektiven Freiheitsgrade v_{eff} gerechnet wird. Diese ergibt sich nach dem *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen (GUM)*, Anhang G, aus den Standardunsicherheiten und Freiheitsgraden der einzelnen Einflussgrößen. Werden die Messungen am Werkstück von mehreren Bedienern ausgeführt, ist deren Einfluss bereits in den Messwerten enthalten und braucht nicht noch einmal bestimmt werden.

Kalkulationstabelle

In der Regel ist die Rechnung mit dem Taschenrechner recht aufwendig. Hier lässt sich sehr komfortabel eine Kalkulationstabelle auf der Basis einer handelsüblichen Bürosoftware anwenden, die alle notwendigen Berechnungen automatisch ausführt. Das Bild zeigt ein Beispiel für einen digitalen Messschieber nach DIN 862. Die Fehlergrenze für den Messwert $L=100$ beträgt $a=0,02$, die Standardunsicherheit nach den obigen Ausführungen $u_{PM}=0,01$. Die Standardabweichung am Werkstück wurde von zwei Prüfern durch insgesamt sechs Wiederholungsmessungen an verschiedenen Stellen mit $s_W=0,02$ bestimmt. Die Temperaturen, Ausdehnungskoeffizienten und ihre Grenzabweichungen sind ebenfalls dokumentiert. Am Ende der Tabelle steht die Bewertung, ob das Prüfmittel und der Prüfprozess geeignet sind.

Die besonderen Vorteile der vorgestellten Kalkulationstabelle sind:

- Vielseitige Verwendbarkeit für alle handelsüblichen Prüfmittel
- Deutliche Reduzierung der Anzahl der Messungen am Werkstück
- Automatische Berechnung aller notwendigen Werte
- Vollständige Dokumentation der Einflussgrößen, der Messunsicherheit und der Bewertungen des Prüfmittels und des Prüfprozesses

Messgröße: L Anzeige des Digitalmessschiebers, korrigiert auf 20 °C

Funktion: $L = (L_W - \Delta L_{PM}) * [1 + \alpha_{PM} * (t_{PM} - 20\text{°C}) - \alpha_W * (t_W - 20\text{°C})]$

Einflussgrößen:

- ΔL_{PM} Abweichung der Anzeige des Prüfmittels (Fehlergrenze nach DIN 862)
- L_W Angezeigte Länge am Werkstück (mit Einfluss der Formabweichung und der Bediener)
- α_{PM} Ausdehnungskoeffizient des Prüfmittels (Stahl)
- α_W Ausdehnungskoeffizient des Werkstücks (Stahl)
- t_{PM} Temperatur des Prüfmittels
- t_W Temperatur des Werkstücks

Einflussgröße	Einheit	Messwert bzw. Schätzwert	Messwertanzahl bzw. Verteilung	Standardabweichung bzw. Grenze	Standardunsicherheit	Sensitivitätskoeffizient	Unsicherheitsanteil
X_i	$[X_i]$	x_i	n_i	s_i bzw. a_i	$u(x_i)$	c_i	$u_i(y)$
ΔL_{PM}	mm	0	Normal	0,02	0,010	-1,0	-0,010
L_W	mm	100,00	6	0,02	0,020	1,0	0,020
α_{PM}	$10^{-6}/K$	12	Rechteck	2,4	1,39	0,0000	0,000
α_W	$10^{-6}/K$	12	Rechteck	2,4	1,39	0,0000	0,000
t_{PM}	°C	20	Rechteck	2	1,15	0,0012	0,001
t_W	°C	20	Rechteck	2	1,15	-0,0012	-0,001
L	mm	100,00	Standardunsicherheit:			$u(y) =$	0,022
			Effektive Freiheitsgrade:			$\nu_{eff} =$	7,9
			Erweiterungsfaktor:			$k =$	2,31
			Erweiterte Messunsicherheit (P=95%):			$U =$	0,052

Toleranz des Prüfmerkmals	Bewertung	Verhältnis	Grenzwert	Geeignet
$T =$ 0,6	Prüfmittel	$u_{PM}/(T/3)$	0,05	Ja
	Prüfprozess	U/T	0,09	Ja

Bild 1: Messunsicherheit und Prüfprozesseignung einer Längenmessung mit einem Digitalmessschieber