

Die "Goldene Regel der Messtechnik" ist nicht mehr der Stand der Technik

Autor: Dipl.-Ing. Morteza Farmani

Häufig wird von den Teilnehmern unserer Seminare zur Messsystemanalyse und zur Messunsicherheitsstudie die Frage gestellt, für welche Toleranz ein Messmittel eingesetzt werden kann?

Prüfmittel, die für unterschiedliche Messaufgaben eingesetzt werden, werden Standard-Prüfmittel genannt. Zwischen 30 % bis 90 % der Messmittel, die bei Automobilzulieferer-Firmen eingesetzt werden, sind Standard-Prüfmittel. Typische Beispiele sind Messschieber, Bügelmessschrauben oder Messuhren.

Ein wichtiges Kennzeichen der Standard-Prüfmittel ist, dass sie nach festgelegten Richtlinien oder Normen hergestellt und kalibriert werden. In diesen Vorgaben sind maximal zulässige Abweichungen (Fehlergrenzen oder MPE: Maximum Permissible Error, maximal zulässige Abweichung) an verschiedenen Messpunkten spezifiziert, innerhalb deren Grenzen die Standard-Prüfmittel hergestellt sein müssen.

Auch bei Messmaschinen oder anderen Messsystemen (besonderes bei neuen Messsystemen) werden MPE dokumentiert und beim Verkauf mitgeliefert.

Manche Messtechniker haben auch in der Praxis die Faustregel angewendet, dass ein Messmittel dann eingesetzt werden kann, wenn die Toleranz des Merkmals mindestens das 10fache der Messunsicherheit (Fehlergrenze) des Messsystems für dieses Merkmal ist.

Das als "goldene Regel der Messtechnik" bekannte Kriterium zur Vorauswahl von Standard-Messmitteln besagt, dass die max. zulässige Fehlergrenze (MPE) nur 10% der zu prüfenden Toleranz betragen darf.

In den nachfolgenden Beispielen stellen wir die Anwendung dieser goldenen Regel dem inzwischen auch außerhalb der Automobilindustrie weithin akzeptierten Branchenstandard VDA 5, 2. Auflage 2010 gegenüber.

Beispiel 1 Digitaler Messschieber

Messbereich: 150 mm

Auflösung: 0,01 mm

Fehlergrenze nach DIN 862 im Messbereich bis 100 mm: 20 µm → MPE = 20 µm



Messschieber

Nach der goldenen Regel der Messtechnik beträgt die kleinste prüfbare Toleranz für diesen digitalen Messschieber bis 100 mm Messbereich 200 µm, d. h. man kann diesen Messschieber im Messbereich bis 100 mm für alle Toleranzen ab 200 µm einsetzen.

Nach der Vorauswahl muss mit den klassischen Verfahren der Messsystemanalyse (Verfahren 1, 2 oder 3) der Nachweis der Eignung unter realen Bedingungen erbracht werden.

Ermittlung der kleinsten prüfbaren Toleranz $T_{\min-MS}$ nach VDA 5, 2. Auflage 2010

Die Bestimmung der Unsicherheitskomponente des Messsystems kann entfallen, wenn der MPE nachgewiesen und dokumentiert ist. Da für die Fehlergrenze in DIN 862 kein Verteilungsmodell vorgegeben ist, wurde als sichere Variante die Rechteckverteilung gewählt. Der Verteilungsfaktor für die Rechteckverteilung ist $b = 0,577$. Damit ergibt sich:

$$u_{MS} = u_{MPE} \quad !$$

MPE = 20 µm abgelesen von DIN 862

Die Standardmessunsicherheit wird nach der Formel in VDA 5 (Seite 43) ermittelt:

$$u_{MS} = u_{MPE} = MPE/\sqrt{3} = 0,577 * MPE = 0,577 * 20 \mu\text{m} = 11,54 \mu\text{m} \quad (1/\sqrt{3} = 0,577)$$

Die Erweiterte Messunsicherheit erhält man durch die Multiplikation von u_{MS} mit dem Faktor $K (= 2 \text{ für } P = 95\%)$:

$$U_{MS} = 2 * u_{MS} \rightarrow U_{MS} = 2 * 11,54 \mu\text{m} = 23,08 \mu\text{m}$$

$$T_{\min-MS} = \frac{2 \cdot U_{MS}}{15\%} \cdot 100\%$$

$$T_{\min-MS} = \frac{2 \cdot 23,08 \mu\text{m}}{15\%} \cdot 100\% = 307,73 \mu\text{m}$$

Somit beträgt die kleinste prüfbare Toleranz nach VDA 5 für diesen digitalen Messschieber im Messbereich bis 100 mm rund $T_{\min} = 308 \mu\text{m}$.

Die "Goldene Regel der Messtechnik" ist nicht mehr der Stand der Technik



Zum Vergleich: Nach der goldenen Regel der Messtechnik ist dieser Messschieber im Messbereich bis 100 mm ab einer Toleranz von 200 µm einsetzbar.

Die nachfolgende Grafik zeigt die Ermittlung der kleinsten prüfbaren Toleranz $T_{\min-MS}$ nach VDA 5 mit der Q-DAS Software solara.MP für einen digitalen Messschieber für das Merkmal Dicke mit der Toleranz 0,2 mm anhand der Auswertestrategie z. B. von VW.

Teilenummer		1	Teil			Stab		
Merkmalnummer		1	Merkmal			Dicke		
Nennmaß			Einheit	mm	U	17,700		
			Ber. Tol.	0,200	L	17,500		
Prfm. Bez.			digitaler Messschieber					
Aktiv	Einflussgr.	Symbol	Typ	---	---	u	Rang	Hilfe
<input checked="" type="checkbox"/>	Auflösung	u_{RE}	B			0,00289		
<input checked="" type="checkbox"/>	MPE	u_{MPE}	B			0,0115	1	
	Messsystem	u_{MS}				0,0115		

Messsystem			
Toleranz	TOL	=	0,200
Auflösung	%RE	=	5,00%
Kombinierte Standardunsicherheit	u _{MS}	=	0,0115
Erweiterte Messunsicherheit	U _{MS}	=	0,0231
Eignungsgrenzwert	Q _{MS_max}	=	15,00%
Eignungskennwert	Q _{MS}	=	23,09%
minimale Toleranz	TOL _{MIN-U_{MS}}	=	0,308
	Die Anforderungen sind nicht erfüllt (RE,U)		
<input type="checkbox"/> VW-Konzern 10119 / VDA 5 (06/2012): VDA 5			

Diese Auswertung zeigt, dass bei Anwendung des Verfahrens nach VDA 5 dieses Messmittel die Anforderung nicht erfüllt – im Gegensatz zur Bewertung nach der goldenen Regel der Messtechnik.

Beispiel 2 Bügelmessschraube

Messspanne: 0 - 25 mm

Skalenanzeige: 1 μm

Fehlergrenze nach DIN 863-1 im Messbereich bis 25 mm: 4 μm \rightarrow MPE = 4 μm

Nach der goldenen Regel der Messtechnik beträgt die kleinste prüfbare Toleranz für diese Bügelmessschraube bis 25 mm Messbereich 40 μm , d. h. man kann diese Bügelmessschraube im Messbereich bis 25 mm für alle Toleranzen ab 40 μm einsetzen.

Nach der Vorauswahl muss mit den klassischen Verfahren der Messsystemanalyse (Verfahren 1, 2 oder 3) der Nachweis der Eignung unter realen Bedingungen erbracht werden.



Zum Vergleich auch hier die Berechnung nach VDA 5

$$u_{\text{MPE}} = 0,577 \cdot \text{MPE} = 0,577 \cdot 4 \mu\text{m} = 2,308 \mu\text{m}$$

Die Bestimmung der Unsicherheitskomponente des Messsystems kann entfallen, wenn der MPE nachgewiesen und dokumentiert ist:

$$u_{\text{MS}} = u_{\text{MPE}} = 0,577 \cdot \text{MPE}$$

$$U_{\text{MS}} = 2 \cdot u_{\text{MS}} \rightarrow U_{\text{MS}} = 2 \cdot 2,308 \mu\text{m} = 4,616 \mu\text{m}$$

$$TOL_{\text{min-MS}} = \frac{2 \cdot U_{\text{MS}}}{15\%} \cdot 100\% \quad TOL_{\text{min-MS}} = \frac{2 \cdot 4,616 \mu\text{m}}{15\%} \cdot 100\% = 61,55 \mu\text{m}$$

Somit beträgt die kleinste prüfbare Toleranz für diese Bügelmessschraube ca. 62 μm .

Zum Vergleich: Nach der goldenen Regel der Messtechnik ist diese Bügelmessschraube im Messbereich bis 25 mm ab einer Toleranz von 40 μm einsetzbar.

Die nachfolgende Grafik zeigt wiederum die Ermittlung der kleinsten prüfbaren Toleranz $T_{\text{min-MS}}$ nach VDA 5 mit der Q-DAS Software solara.MP für eine Bügelmessschraube für das Merkmal Dicke mit der Toleranz 0,2 mm anhand der Auswertestrategie z. B. von VW.

Die "Goldene Regel der Messtechnik" ist nicht mehr der Stand der Technik



Teilenummer	1	Teil		Stab				
Merkmalnummer	1	Merkmal		Dicke				
Nennmaß		Einheit	mm	U	17,700			
		Ber. Tol.	0,200	L	17,500			
Prfm. Bez.		digitale Bügelmessschraube						
Aktiv	Einflussgr.	Symbol	Typ	u	Rang	Hilfe
	Auflösung	u_{RE}	B			0,000289		
	MPE	u_{MPE}	B			0,00231	1	
	Messsystem	u_{MS}				0,00231		

Messsystem			
Toleranz	TOL	=	0,200
Auflösung	%RE	=	0,50%
Kombinierte Standardunsicherheit	u _{MS}	=	0,00231
Erweiterte Messunsicherheit	U _{MS}	=	0,00462
Eignungsgrenzwert	Q _{MS_max}	=	15,00%
Eignungskennwert	Q _{MS}	=	4,62%
minimale Toleranz	TOL _{MIN-U_{MS}}	=	0,0616
	Prüfsystem fähig (RE,U)		
<input type="checkbox"/> VW-Konzern 10119 / VDA 5 (06/2012): VDA 5			

Die abzuleitende Empfehlung: Die Goldene Regel der Messtechnik ist – zumindest im Bereich der Automotive-Industrie - nicht mehr der Stand der Technik. Auch in anderen Branchen sollte geprüft werden, ob eine geringere Messunsicherheit erforderlich ist und die kleinste prüfbare Toleranz nach VDA 5 ermittelt werden sollte.

Ein weiterer Grund, dieser Empfehlung zu folgen, ist die Tatsache, dass die in VDA 5 beschriebenen und hier vorgestellten Verfahren inzwischen in ISO 22514-7:2012-09 eingeflossen sind. Diese internationale Norm stellt damit den aktuellen Stand der Technik dar.