BERÜCKSICHTIGUNG DER ERWEITERTEN MESSUNSICHERHEIT BEI 100-%-PRÜFUNGEN

MORTEZA FARMANI | Q-DAS GMBH

PIQ-online.de

Wie die 2. Auflage des VDA 5 in der Praxis angewandt wird

Die Kundenforderungen sind recht einfach (zu verstehen) und lauten: 100 % fehlerfreie Teile. Da die 100-%-Prüfung in der Regel unwirtschaftlich ist, wird meist die statistische Prozesslenkung (SPC) angewendet. Damit können zwar realistischer Weise nicht wirklich 100 % garantiert, aber Fehleranteile im ppm-Bereich (parts per million) erreicht werden.

Als führender Industriezweig verlangen die Automobilhersteller von ihren externen Lieferanten für die Prozessfähigkeit C_p/C_{pk} meist einen Mindestwert von 1,67, was einem theoretischen Ausschussanteil von max. 0,6 ppm entspricht. Wird diese Forderung erfüllt, kann der Prozess anhand von Stichproben mit Qualitätsregelkarten überwacht werden. Wenn diese Forderung nicht eingehalten werden kann oder eine Stichprobe eine Prozessstörung anzeigt, müssen die (seit der letzten i. O. Stichprobe) produzierten Teile zu 100 % geprüft werden, bevor sie an den Kunden geliefert werden können. Daher sollte der Stichprobenabstand nicht zu groß gewählt werden, weil bei einer Serienproduktion im Falle einer n. i. O. Stichprobe schnell einige Tausend Teile zur 100-%-Prüfung anstehen können.

Dieser Beitrag erläutert die Auswirkung der Messunsicherheit bei einer 100-%-Prüfung. Es werden Hintergrundinformationen zum Thema gegeben sowie die Herleitung, auf welche Weise die Berücksichtigung der erweiterten Messunsicherheit an den Spezifikationsgrenzen in der Praxis umgesetzt werden kann.

DIN ISO 3534-2 definiert unter 2.1.8 die statistische Prozesslenkung (SPC) als Tätigkeiten, die darauf gerichtet sind, mittels statistischer Verfahren die Streuung (2.2.1) zu verringern, das Wissen über den Prozess (2.1.1) zu verbessern und den Prozess in der gewünschten Weise zu lenken.

Die Deutsche Gesellschaft für Qualität (DGQ) konkretisiert diese Definition im Band 11-04 „Begriffe", indem sie hierfür explizit Regelkarten und Prozessfähigkeitsanalysen nennt.

Wesentliche Schritte zur Umsetzung von SPC sind typischerweise:

1. PROZESS- UND MERKMALSAUSWAHL
   - Welche Produktmerkmale sind wichtig bzw. sind für den Kunden relevant und sind für diese Spezifikationen vorhanden?

2. MESSBARKEIT DER PRODUKTMERKMALE
   - Sind die Messsysteme / Messmittel geeignet, die Messwerte der Produktmerkmale ausreichend genau zu erfassen? (Prüfprozesseignung)

3. MACHBARKEIT DER PRODUKTE
   - Sind die Maschinen / Anlagen geeignet, die Produkte in ausreichender Qualität herzustellen? (Maschinenfähigkeit)

4. HERSTELLBARKEIT DER PRODUKTE
   - Ist der Prozess in der Lage, die Produktqualität über einen längeren Zeitraum zu gewährleisten? (Prozessfähigkeit)

5. REGELBARKEIT DER PROZESSE
   - Kennen wir den Prozess ausreichend genau, um auf Änderungen angemessen reagieren zu können? (Qualitätsregelkarten)

Nachdem geklärt ist, welches Merkmal ein kundenrelevantes Merkmal ist, muss für dieses Merkmal das im Produktionslenkungsplan (PLP oder auch „control plan") zwischen Kunde und Lieferant vereinbarte Messsystem für den Einsatz qualifiziert werden.

Im 2. Schritt wird nun mit dem zu untersuchenden Messsystem für dieses Merkmal eine Messsystemanalyse nach Verfahren 1 und 2 bzw. - sofern kein Bedienereinfluss gegeben ist - Verfahren 1 und 3 unter realen Bedingungen durchgeführt. Wenn die Eignung des Messsystems hiermit für das vorgesehene Merkmal bestätigt ist, können die produzierten Teile mit diesem Messsystem im 3., 4. und 5. Schritt unter realen Bedingungen gemessen werden.

Hat man im optimalen Fall einen Prozess mit einem hohen Fähigkeitswert, besagt z. B. der VDA Band 5 Prüfprozesseignung 2. Auflage 2010 auf Seite 43: Wenn die Fähigkeit des Fertigungsprozesses in ausreichender Höhe (z. B. C_p, $C_{pk} \geq 2{,}0$) mit einem geeigneten Messprozess nachgewiesen ist, ist eine gesonderte Berücksichtigung der erweiterten Messunsicherheit an den Spezifikationsgrenzen nicht mehr erforderlich, da die Streuung des Messprozesses in der Prozessbeurteilung enthalten ist.

In allen anderen Fällen, in denen eine Konformitätsprüfung durchzuführen ist, also insbesondere bei einer 100-%-Prüfung, sind die nachfolgenden Regeln zu beachten.

Bei einer 100-%-Prüfung darf für die Entscheidung gut/schlecht nicht die gesamte Toleranz in Betracht gezogen werden, sondern es muss die Unsicherheit des Messprozesses nach DIN EN ISO 14253-1:2017 an den Toleranzgrenzen berücksichtigt werden:

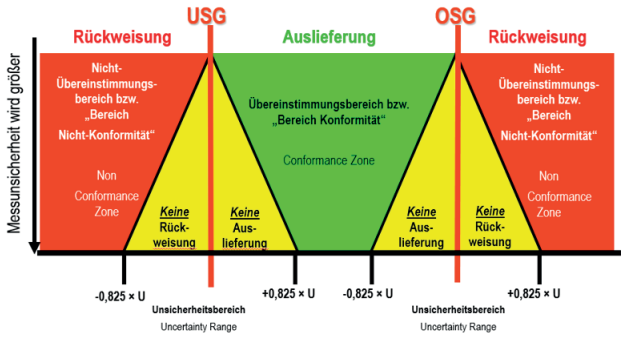


Abb. 1: Übereinstimmungsbereich und Nicht-Übereinstimmungsbereich in Anlehnung an DIN EN ISO 14253-1:2017

Diese Unsicherheit wird ausgedrückt als die erweiterte Messunsicherheit U_{MP}. Die nutzbare Toleranzbreite wird dadurch enger und nur die Teile, die innerhalb des sogenannten Übereinstimmungsbereichs liegen, dürfen zum Kunden geliefert werden!

Hier ist durch die Neuauflage der ISO 14253-1:2017 eine kleine Diskrepanz zu dem VDA Band 5 entstanden. Während in dem VDA-Papier noch die gesamte erweiterte Messunsicherheit berücksichtigt wurde, hat die ISO 14253-1:2017 die Irrtumswahrscheinlichkeit auf 5 % erhöht, was dazu führt, dass bei typischen Messunsicherheiten im Fertigungsprozess nur noch 82,5 % der erweiterten Messunsicherheit berücksichtigt werden müssen.

$T' = T - 1{,}65 * U_{MP}$ wobei T die Zeichnungstoleranz und T´ der Übereinstimmungsbereich für 100-%-Prüfungen sind. Die erweiterte Messunsicherheit U_{MP} wird gemäß VDA Band 5, 2. Auflage ermittelt.

Die Auswirkungen der Berücksichtigung der Messunsicherheit wird im nachfolgenden Fallbeispiel veranschaulicht. Die Daten des Fallbeispiels sind:

- Teil = Zylinderbohrung
- Merkmal = Innendurchmesser
- OSG = 30,008 mm
- USG = 30,003 mm
- T = 0,005 mm
- Messgerät = Bolzenbohrungsmessgerät mit Auflösung RE = 0,0001 mm

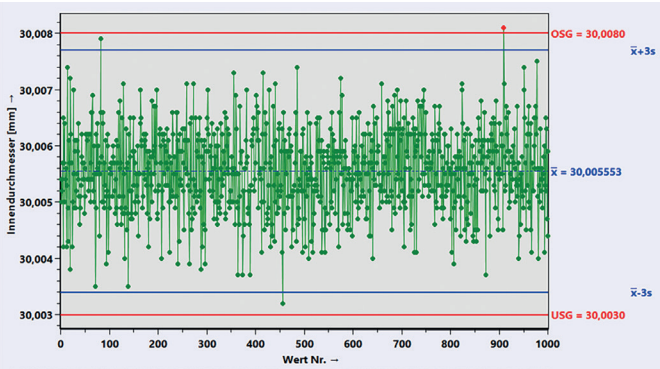


Abb. 2: Werteverlauf von 1000 Zylinderbohrungen

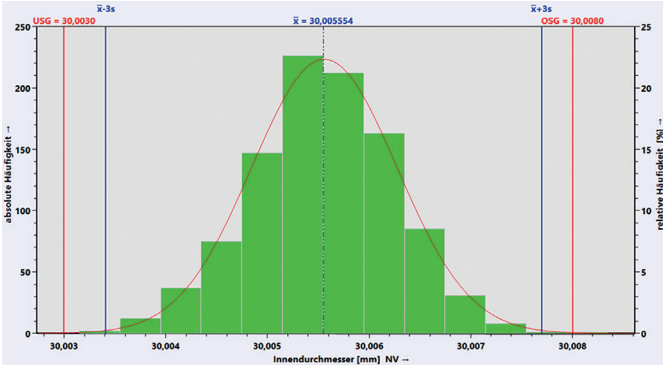
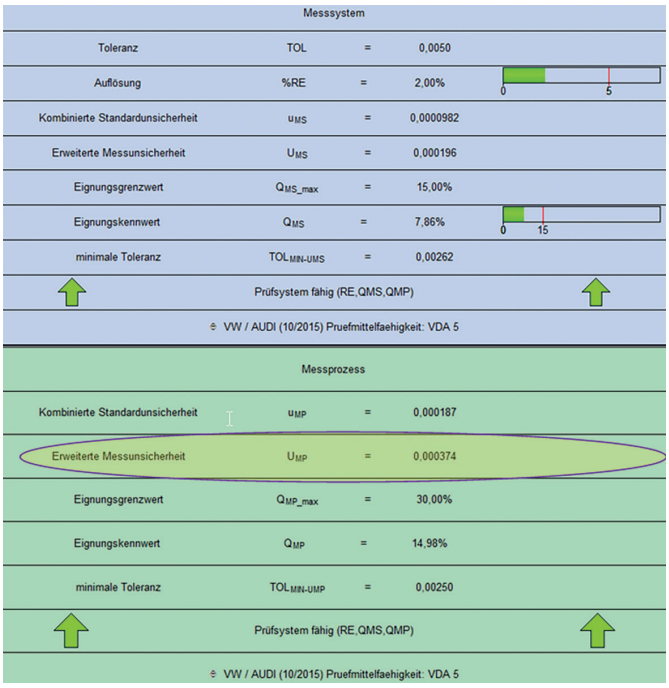


Abb. 3: Verteilung der Messwerte als Histogramm

Aufgrund der sehr engen Toleranz ist dieser Fertigungsprozess nicht fähig:

$C_p = 1{,}16$; $C_{pk} = 1{,}14$, daher muss man die gefertigten Teile zu 100 % prüfen und nur die Teile innerhalb des Übereinstimmungsbereichs dürfen zum Kunden geliefert werden.

Die Messunsicherheitstudie wurde gemäß VDA 5, 2. Auflage durchgeführt und die Ergebnisse wurden in solara.MP ermittelt.



Messsystem			
Toleranz	TOL	=	0,0050
Auflösung	%RE	=	2,00%
Kombinierte Standardunsicherheit	u_{MS}	=	0,0000982
Erweiterte Messunsicherheit	U_{MS}	=	0,000196
Eignungsgrenzwert	Q_{MS_max}	=	15,00%
Eignungskennwert	Q_{MS}	=	7,86%
minimale Toleranz	$TOL_{MIN-UMS}$	=	0,00262
Prüfsystem fähig (RE,QMS,QMP)			
VW / AUDI (10/2015) Pruefmittelfaehigkeit: VDA 5			

Messprozess			
Kombinierte Standardunsicherheit	u_{MP}	=	0,000187
Erweiterte Messunsicherheit	U_{MP}	=	0,000374
Eignungsgrenzwert	Q_{MP_max}	=	30,00%
Eignungskennwert	Q_{MP}	=	14,98%
minimale Toleranz	$TOL_{MIN-UMP}$	=	0,00250
Prüfsystem fähig (RE,QMS,QMP)			
VW / AUDI (10/2015) Pruefmittelfaehigkeit: VDA 5			

Abb. 4: Ergebnisse der Messunsicherheitsstudie

Die Unsicherheitsstudie wurde für diesen Messprozess nach VDA 5, 2. Auflage durchgeführt. U_{MP} wurde ermittelt:

U_{MP} = 0,000374 mm; 0,825 * U_{MP} = 0,000309

$T' = T - 1{,}65 * U_{MP}$
$= 0{,}005 \text{ mm} - 1{,}65 * 0{,}000374 \text{ mm} = 0{,}004382 \text{ mm}$

OG (T´) = 30,007691 mm, UG (T´) = 30,003309 mm, wobei OG (T´) und UG (T´) die Grenzen des Übereinstimmungsbereichs bedeuten.

Für T = 0,005 mm beträgt der geschätzte Ausschussanteil knapp 500 ppm.

Teilnr.		F1	Teilebez.	Zylinderbohrung	
Merkm.Nr.		1	Merkm.Bez.	Innendurchmesser	
Zeichnungswerte		**Gemessene Werte**		**Statistische Werte**	
T_m	30,0055	$\tilde{x}$	30,00560	$\bar{x}$	30,005553
USG	30,0030	x_{min}	30,0032	s	0,000716
OSG	30,0080	x_{max}	30,0081	$Q_{50\%}$	30,005553
T	0,0050	R	0,0049	$Q_{0,135\%}$	30,003406
Merkmalklasse :	signifikant	n_{eff}	1000	$Q_{99,865\%}$	30,007701
		n_{ges}	1000	6s	0,004295
		$n_{<T>}$	999000,00 ppm	$p_{<T>}$	999503,94 ppm
PM	A1	$n_{>OSG}$	1000,00 ppm	$p_{>OSG}$	315,19 ppm
		$n_{<USG}$	0,00 ppm	$p_{<USG}$	180,87 ppm
Modell-Verteilung				Normalverteilung	
Vert. Regr. Koeff.		r_{ges}	:	0,99883215	
Vert. Regr. Koeff.		$r_{25\%}$	:	0,98779338	
Berechnungsart		M4 1 Percentil (0,135%-$\bar{x}$-99,865%)			
potentieller Fähigkeitsindex	C_p	1,11 ≤ 1,16 ≤ 1,22	0	1,67	
kritischer Fähigkeitsindex	C_{pk}	1,09 ≤ 1,14 ≤ 1,19	0	1,33	
Die Anforderungen sind nicht erfüllt (C_p,C_{pk})					
Forderung potentieller Fähigkeitsindex		$C_{p\ soll}$		1,67	
Forderung kritischer Fähigkeitsindex		$C_{pk\ soll}$		1,33	
© Mercedes Benz Cars (11/2012)					

Abb. 5: Berechnung der zu erwartenden Ausschussanteile außerhalb der Spezifikationsgrenzen

Wenn die erweiterte Messunsicherheit 0,825 * U_{MP} = 0,000309 mm von beiden Toleranzgrenzen abgezogen wird, beträgt der Übereinstimmungsbereich nur noch T´= 0,004383 mm und der Anteil der auszusortierenden Teile steigt auf ca. über 2.200 ppm an.

Das folgende Bild zeigt maßstäblich den Bereich der Messunsicherheit an den Spezifikationsgrenzen.

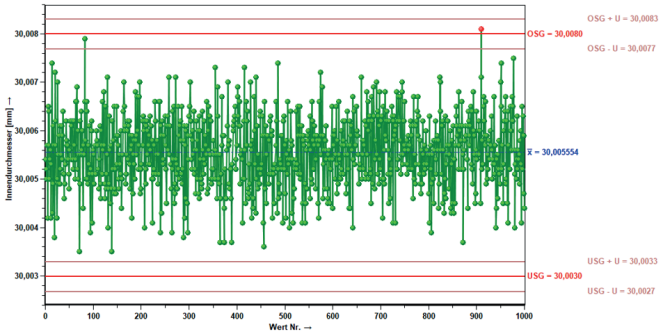


Abb. 6: Darstellung der Unsicherheitsbereiche an den Spezifikationsgrenzen

Fazit:

Der Nachweis der Prozessfähigkeit auf dem vom Kunden geforderten Niveau und die kontinuierliche Überwachung der Prozessstabilität schützen vor hohem Prüfaufwand und einer unnötig großen Menge von Teilen, die nicht an den Kunden ausgeliefert werden darf – und somit vor hohen Fehlerkosten.

Haben wir Ihr Interesse geweckt?

Q-DAS GmbH
Eisleber Str. 2
69469 Weinheim
www.q-das.com
morteza.farmani@hexagon.com