

Arbeitskreis Toleranzmanagement - Arbeitspaket 5: Cp, Cpk.

AK Toleranzmanagement – Arbeitspaket 5. Terminsiene 2016.

Thema	Q1	Q2	Q3	Q4
OEM Gesamttreffen				◆ 17.11.16 DMF
AK Telko / Viko	◆ 10.03.16 AK Treffen	◆ 30.06.16 AK Treffen Porsche	◆ 26.10.16 AK Telko	◆ 16.11.16 AK Treffen Porsche

Randbedingungen:

- Vier AK-Treffen im Jahr (1x pro Quartal → 2x persönlich, 2x via Telefonkonferenz)
- Freiwillige Teilnahme aller AK-Teilnehmer (Lieferanten / OEM's)

Zielsetzung:

- Abarbeitung der offenen Themen im Rahmen des AK Toleranzmanagements
- Erarbeitung von Case-Studies
- Interne Abstimmung der AK-Teilnehmer (Lieferanten / OEM's) zum Thema Cpr

AK Toleranzmanagement – Arbeitspaket 5. Legende.

Bitte die Schriftfarbe auf den folgenden Seiten beachten:

- Originalvorlage für den VDA-Termin (Berlin) in 12/2015
- Ergänzungen aus dem Lieferanten / OEM Treffen (Sindelfingen) am 10.03.16

AK Toleranzmanagement – Arbeitspaket 5.

Inhalt.

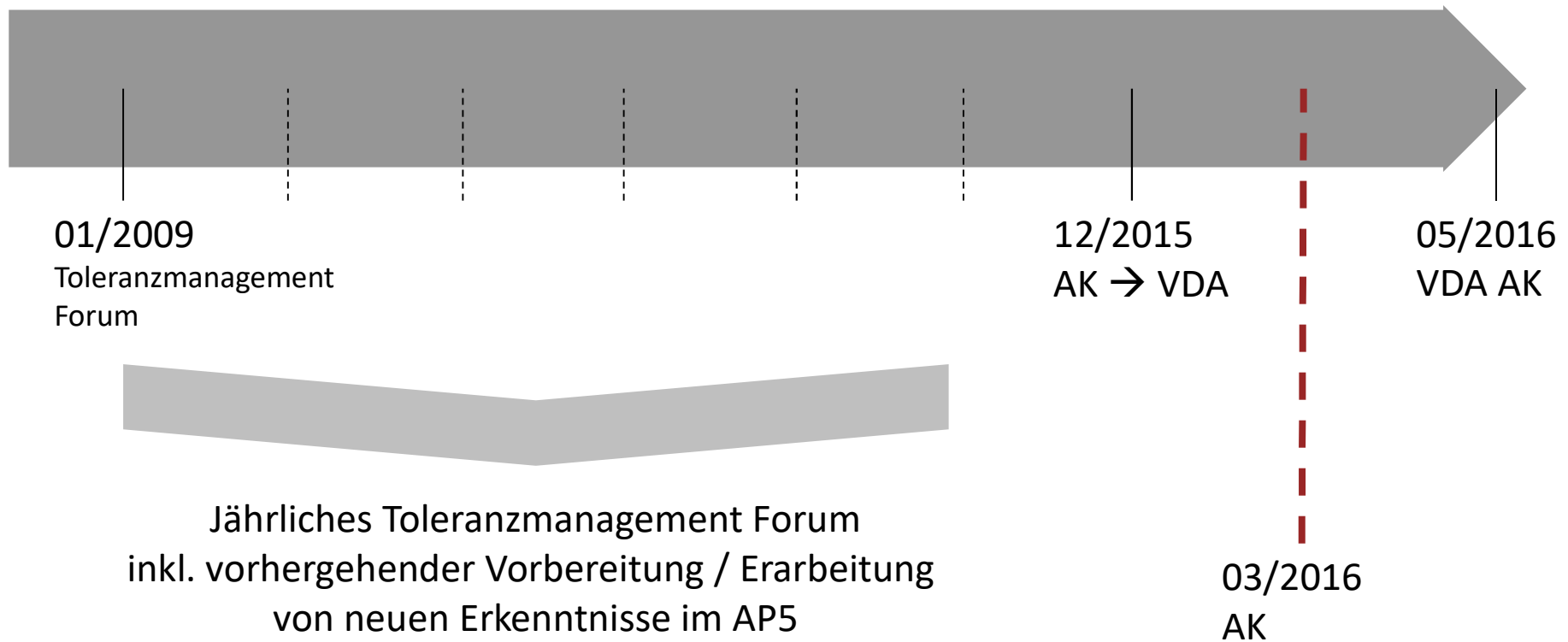
1. Zielsetzung Workshop
2. Arbeitskreis-Teilnehmer
3. Hintergrund / Motivation
4. Zielsetzung der neuen Qualitätskennzahl
5. Graphische Beispiele
6. Cpr-Formulierungsvorschlag
7. Diskussion / Nächste Schritte / Empfehlung

AK Toleranzmanagement – Arbeitspaket 5.

Zielsetzung Workshop.

- Erstes gemeinsames Kennenlernen der Lieferanten & des Arbeits-kreise
Toleranzmanagement
- Austausch / Dialog zu Toleranzkenngrößen C_p / C_{pk} / C_{pr}
- Gemeinsame Definition von offenen Themen und den dazu-gehörigen
Lösungsansätzen
- Nächste Schritte / Ausblick VDA (05/2016)

AK Toleranzmanagement – Arbeitspaket 5. Historie.



AK Toleranzmanagement – Arbeitspaket 5. Arbeitskreis-Teilnehmer.

OEM	Teilnehmer
BMW	<u>Markus Niederprüm (Leitung Arbeitskreis Paket 5)</u> Dr. Andreas Stockinger Carsten Dabs Curt Ronninger
Daimler	Dr. Martin Bohn
VW	Wolf-Rüdiger Landschoof
Opel	Thomas Lotz
Porsche	Markus Pflüger
Universität Erlangen	Björn Heling Bernd Schleich

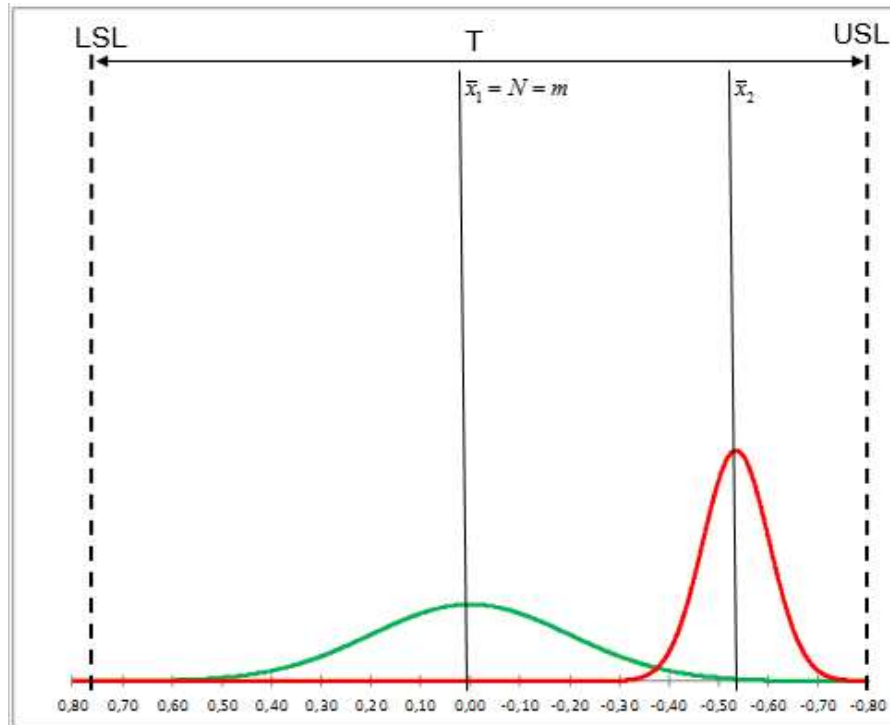


AK Toleranzmanagement – Arbeitspaket 5.

Hintergrund / Motivation.

- In der gängigen Praxis werden Qualitätsmerkmale oftmals nur als n.i.O. betrachtet, wenn sie außerhalb der Toleranzgrenzen liegen, ohne die Verteilungsform und -lage zu berücksichtigen.
- In der Praxis wurde bei sehr gering streuenden Prozessen das Toleranzband ausgenutzt, um die **Mittelwertverschiebung nicht** korrigieren zu müssen. D.h. bei hohem Potential eines Prozesses (hoher Cp-Wert) wird nur eine beliebige Lage der Verteilung innerhalb der Toleranz betrachtet, nicht der Betrag der Mittelwertverschiebung.
- Die alleinige Anwendung des Cpk-Wertes erweist sich in der Praxis als problematisch, da gleichzeitig Cp und Cpk beurteilt werden müssen, um den Prozess vollständig zu beschreiben. Zur Beurteilung der Mittelwertverschiebung ist das Verhältnis von Cp zu Cpk von Bedeutung.

AK Toleranzmanagement – Arbeitspaket 5. Hintergrund.



Problem:

Systematische Mittelwertverschiebung sorgt für kontinuierliche Nennmaßabweichung, insbesondere wenn die Streuung klein ist.

Vertragliche Vereinbarung:

$$Cpk \geq 1,33$$

$$Cp \geq 1,33$$

Bsp 1.: i.O. Ergebnis

$$Cpk = 1,33$$

$$Cp = 1,33$$

$$\rightarrow Cpk = 1 * Cp$$

Bsp 2.: vertragliches i.O. Ergebnis, welches im Gesamtsystem zu schlechter Qualität führen kann:

$$Cpk = 1,33$$

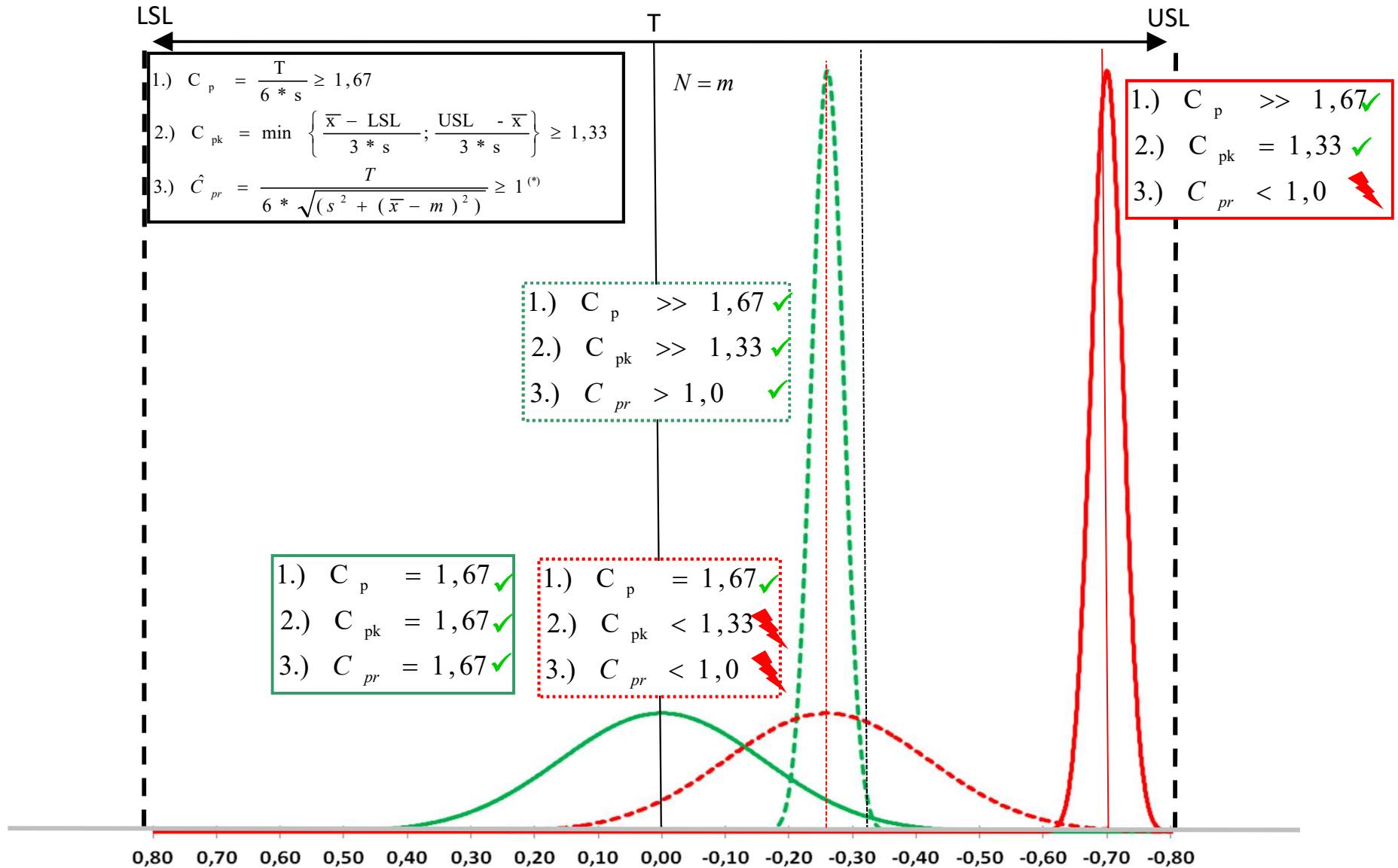
$$Cp = 4$$

$$\rightarrow Cpk = 0,33 * Cp$$

AK Toleranzmanagement – Arbeitspaket 5. Zielsetzung.

- Das Ziel der neuen Formulierung ist die Verbesserung der Produkt- und Prozesssteuerung mit dem Fokus **die Realisierbarkeit der Qualitätsmerkmale am Gesamtprodukt** zu gewährleisten.
- Ziel ist **nicht die Verringerung der Toleranzbreite** der Einzelteile / Unterbaugruppen, sondern in der **Auslegungs- und Konzeptphase** durch eine realistische Streuungsannahme ein robustes Konzept definieren zu können.
- Eine **ergänzende Steuerungsgröße** für die Qualitätsmanagementprozesse an Einzelteilen bzw. Unterbaugruppen und dem Gesamtprodukt ist deshalb erforderlich.

AK Toleranzmanagement – Arbeitspaket 5. Graphische Beispiele.



(*) Forderung $C_{pr} \geq 1$ beispielhaft

AK Toleranzmanagement – Arbeitspaket 5. Cpr-Formulierung.

1ster Entwurf

1. Um die o.g. Probleme zu eliminieren, wird in Anlehnung an den Cpm-Wert folgender Kennwert unabhängig von der Verteilungsform definiert: **Prozessrobustheitsindex Cpr**.

Neuer Ansatz:

Definition einer zusätzlichen Qualitätskennzahl (Cpr):

Grenzwert Cpr:

$Cpr \geq 1$

$$C_{pr} = \frac{T}{6 * \sqrt{\sigma^2 + (\mu - m)^2}}$$

T: Toleranzbreite = (USL-LSL)

USL: Upper Secification Limit, obere Spezifikationsgrenze

LSL: Lower Secification Limit, untere Spezifikationsgrenze

σ und s : Ist-Streuung des Prozesses

μ und x : Ist-Mittelwertabweichung des Prozesses

m: Midpoint, Toleranzmitte = $(LSL+0,5*(USL-LSL))$

*: Stichprobengröße: ≥ 125 Stk.

(siehe VDA Band 4, Ringbuch, „Wirtschaftliche Prozessgestaltung und -lenkung“ sowie „Wirtschaftlicher Tolerierungsprozess“)

Massnahmen:

Bis zur Erreichung der Bedingung $Cpr > 1$ ist eine 100% Kontrolle durchzuführen. Das zulässige Toleranzband für die Lieferung wird in diesem Fall auf 75% der Ausgangstoleranz / Vorgabe eingeschränkt.

2. Grundsätzlich sind immer die Toleranzgrenzen einzuhalten. Ziel sind fähige und stabile (beherrschte) Prozesse.

Einkaufsbedingungen / LH / GS / Q-Richtlinien etc.:

Für die speziell gekennzeichneten Merkmale, für die eine Prozessfähigkeit nachzuweisen ist, muss zusätzlich der Cpr-Wert ausgewiesen werden (siehe VDA Band 4, Ringbuch, „Wirtschaftliche Prozessgestaltung und -lenkung“ sowie „Wirtschaftlicher Tolerierungsprozess“).

AK Toleranzmanagement – Arbeitspaket 5.

Cpr-Formulierung.

*1ste gemeinsame
Formulierung*

Prämisse / Anwendungsfall:

Der Cpr ist eine Kenngröße für den Mittelwertsversatz in Toleranzketten, an der Schnittstelle des Lieferumfangs, bei geometrisch bestimmenden Merkmalen, die explizit in der Zeichnung / Datensatz ausgewiesen sind (gilt nicht für modulinterne Merkmale).

Der Cpr ist ein Indikator für die Prozessfähigkeit unter Berücksichtigung des Mittelwertversatzes, sowie der Prozessstreuung bezüglich geometrischer Merkmale in Toleranzketten, an der Schnittstelle des Lieferumfangs.

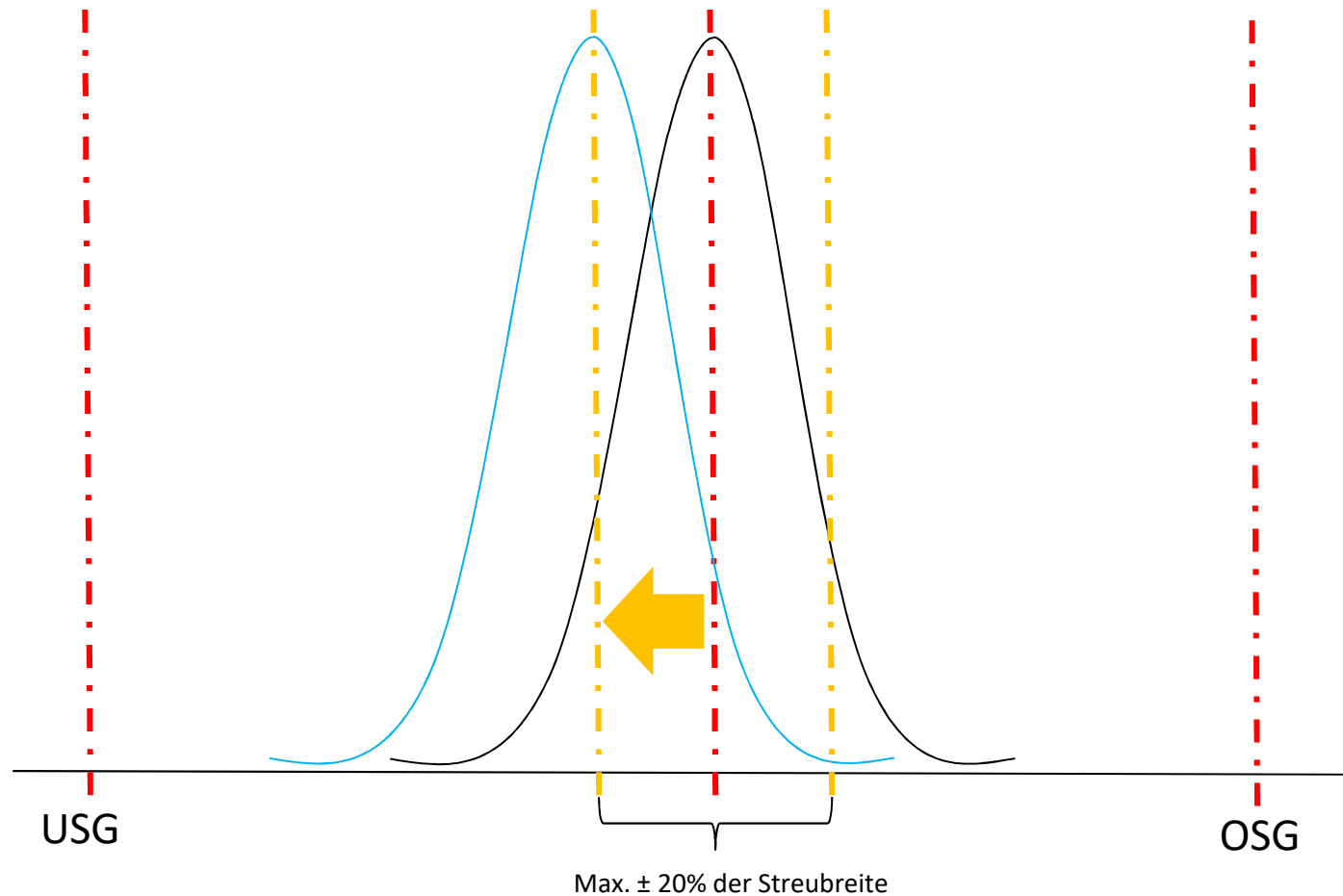
Der Cpr ist für die in der Zeichnung / Datensatz entsprechend gekennzeichneten Merkmale auszuweisen (analog der Cp/Cpk-Logik, Vereinbarungen).

~~bei geometrisch bestimmenden Merkmalen, die explizit~~

AK Toleranzmanagement – Arbeitspaket 5. Cpr-Formulierung.

2te Formulierung

1. Der maximal zulässige, geometrisch Mittelwertsversatz beträgt maximal 20% der Toleranzbreite.



AK Toleranzmanagement – Arbeitspaket 5.

Fallbeispiel.

Fragestellung:

Welche Auswirkung auf Kosten & Qualität hat das Fallbeispiel A & B

Fallbeispiel – Prozessgebundene Teile:

- Symmetrische Verteilung
- 1 Welle mit 4 Zahnrädern → Gesamtlänge ist toleriert

MR vorgänger

LH

Sim

Proto



Szenario A: Cpr =1

Szenario B: Mittelwertsabweichung +-15% vom Target

Ausarbeitung:
W. R. Landschoof / Hr. Riess (ZF)

AK Toleranzmanagement – Arbeitspaket 5.

Fallbeispiel.

Fragestellung:

Welche Auswirkung auf Kosten & Qualität hat das Fallbeispiel im Szenario A & B

Fallbeispiel – Werkzeuggebundene Teile:

- Symmetrische Verteilung
- Karosseriebau

MR vorgänger

LH

Sim

Proto

Ausarbeitung BMW:
Variante 1: Seitenrahmen modifizieren
Variante 2: Lochverschieben

Szenario A: Cpr =1

Szenario B: Mittelwertsabweichung +/-15% vom Target

AK Toleranzmanagement – Arbeitspaket 5.

Offene / zu untersuchende Punkte.

Thema	Verantwortlich	Termin
Aufgabe: Klärung Teilnehmer aus Sicht Lieferanten / OEM's	Alle	26.10.16
Aufgabe: Klärung des Teilnehmerkreises aus Sicht VDA	Niederprüm, Plegnier	26.10.16
Anwendungsfälle erarbeiten (Beispiel 1 & 2)	Niederprüm Landschoff / Riess	26.10.16 16.11.16
<p>Offene Punkte:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Unterscheidung: werkzeuggestandene Merkmale (Umformteile) vs. Prozessgebundene Teil (Spanende Herstellung) -Nachweisführung Cpr: wann, wie oft, inkl. der kontinuierlichen Regelmöglichkeit -Grundklärung Streuungsermittlung bei nicht Normalverteilung, Betragsverteilung, Trapezverteilung... -Klärung Umgang mit Mischverteilung / Johnson Transformation -Betrachtung von natürlich begrenzten Merkmalen (Null-begrenzt, 100% begrenzt) -Vergleich unterschiedlicher Toleranzanalysen, Vorgehensweise OEM, wenn cp, cpk < 1,33 -Prozesse mit natürlichen Mittelwertsänderung -Anwendung des Maximum Materialprinzips -ISO 8015 – Hüllprinzip ASME 14.9 -ISO22514-2 -Auswirkung / Benefit (Kostenerhöhung /-reduzierung) -Kennzeichnung von spezifischen Merkmalen (Cpr) -Definition Cpr vs. Verhältnis Cp/Cpk -Prämisse: Abgestimmte Messsystemanalyse OEM / Lieferant -Softwareanpassung (3DCS, Minitab, Qstat, ..) 	Alle	26.10.16
Aufgabe: Arbeitskreisleitung – AP5 Projektleitung ab 01.01.17	Alle	16.11.16

AK Toleranzmanagement – Arbeitspaket 5. Backup.

Arbeitspaket 5

Graphische Beispiele.

	stabil	nicht stabil
fähig	<p>A</p> <p>$C_p \geq 1,33$ $C_{pk} \geq 1,33$</p>	<p>C</p> <p>$C_p \gg 1,33$ $C_{pk} \geq 1,33$</p>
nicht fähig	<p>B</p> <p>$C_p < 1,33$</p>	<p>D</p> <p>$C_{pk} < 1,33$</p>

Quelle: nach ISO 22514

Arbeitspaket 5

Abgrenzung Cpm vs. Cpr.

Grundgesamtheit:

$$C_{pr} = \frac{T}{6 * \sqrt{\sigma^2 + (\mu - m)^2}}$$

Stichprobe*:

$$\hat{C}_{pr} = \frac{T}{6 * \sqrt{s^2 + (\bar{x} - m)^2}}$$

*: Stichprobengröße: ≥ 125 Stk.

T : Toleranzbreite = (USL-LSL)

USL: Upper Secification Limit, obere Spezifikationsgrenze

LSL: Lower Secification Limit, untere Spezifikationsgrenze

σ und *s*: Ist-Streuung des Prozesses

μ und *x*: Ist-Mittelwertabweichung des Prozesses

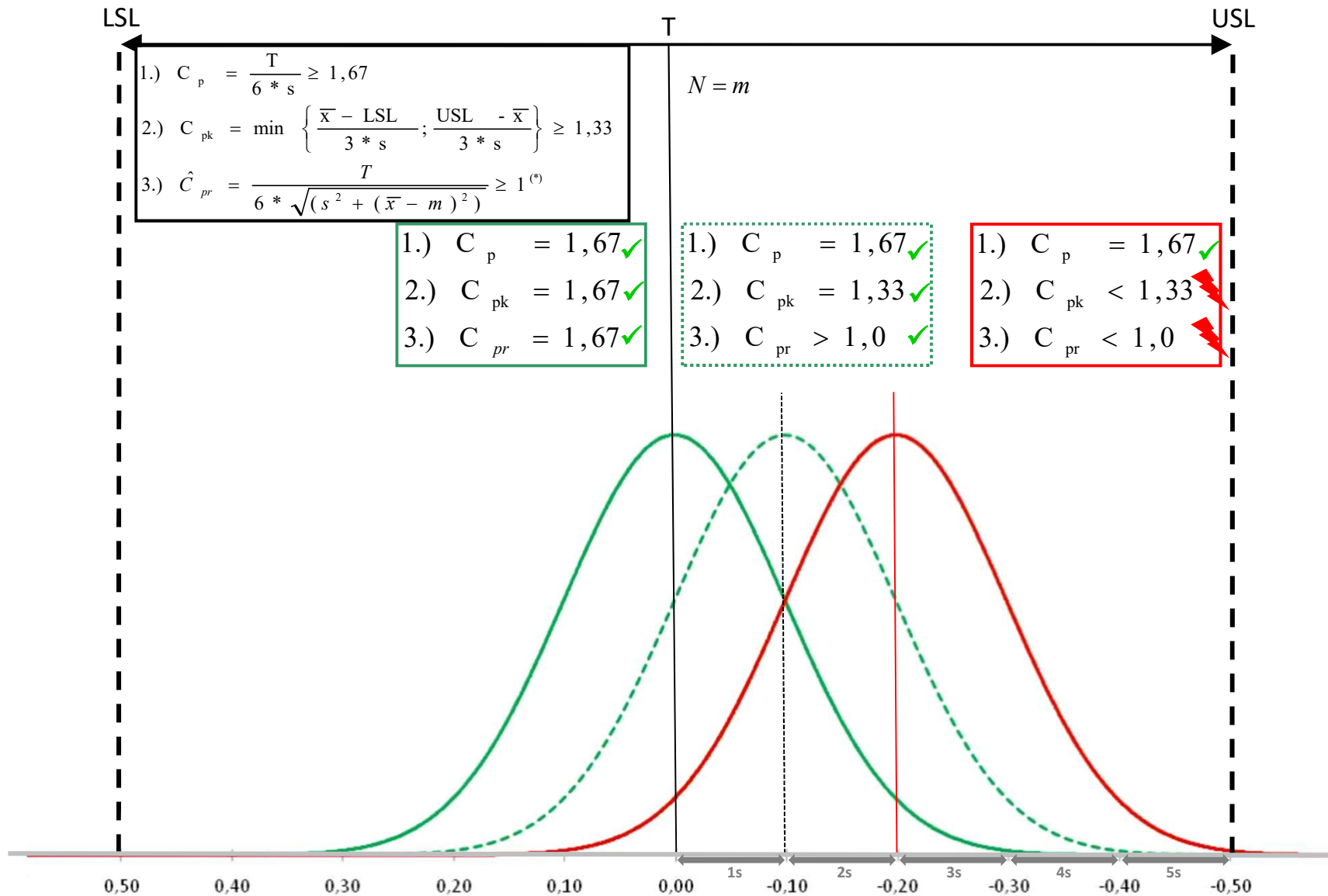
m : Midpoint, Toleranzmitte = (LSL+0,5*(USL-LSL))

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}$$

Der Unterschied zwischen Cpr und Cpm ist, das der Cpr Wert sich auf die Toleranzmitte bezieht und der Cpm auf das Target.

Arbeitspaket 5

Graphische Beispiele.



(*) Forderung $C_{pr} \geq 1$ beispielhaft

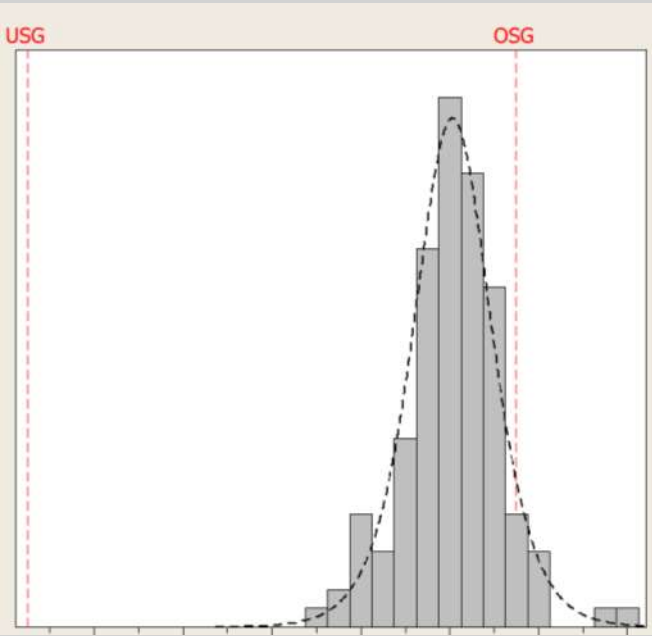
Arbeitspaket 5

Beispiel Interieur.

Anwendungsbereich		Interieur	
Messreihe 1:	Interieur A	Anzahl:	125 Einheiten
Verteilungsform:	Normalverteilt, mittenschoben		
Histogramm:			Cp: 0,57
			Cpk: 0,39
			Ausschussquote (%):13,6
			Cpr: 0,5
			Ausschussquote (%):

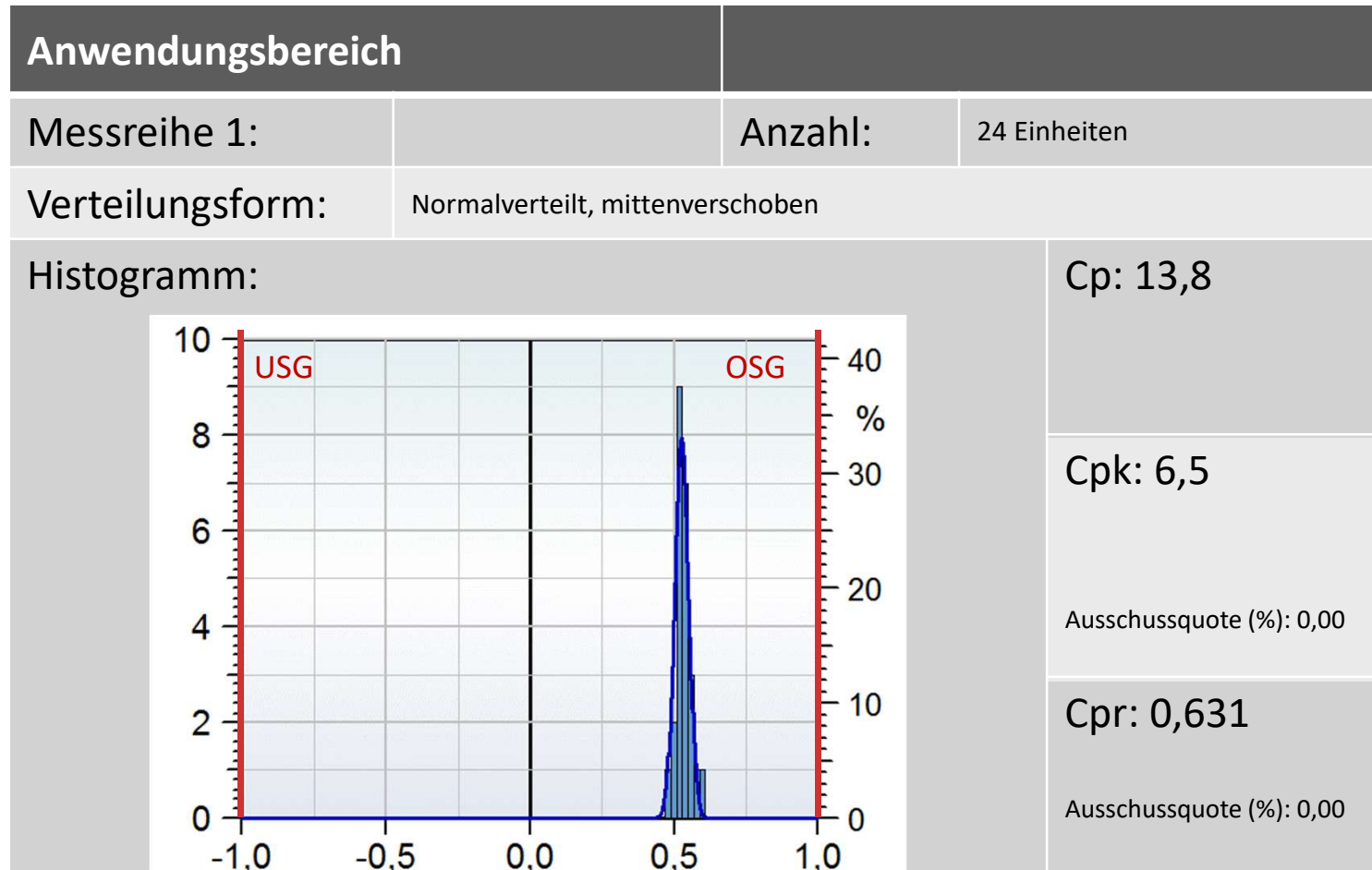
Arbeitspaket 5

Beispiel Interieur.

Anwendungsbereich		Interieur	
Messreihe 2:	Interieur B	Anzahl:	125 Einheiten
Verteilungsform:	Logistisch, mittenschoben		
Histogramm:			Cp: 1,43
			Cpk: 0,37
			Ausschussquote (%): 7,2
			Cpr: 0,43
		Ausschussquote (%):	

Arbeitspaket 5

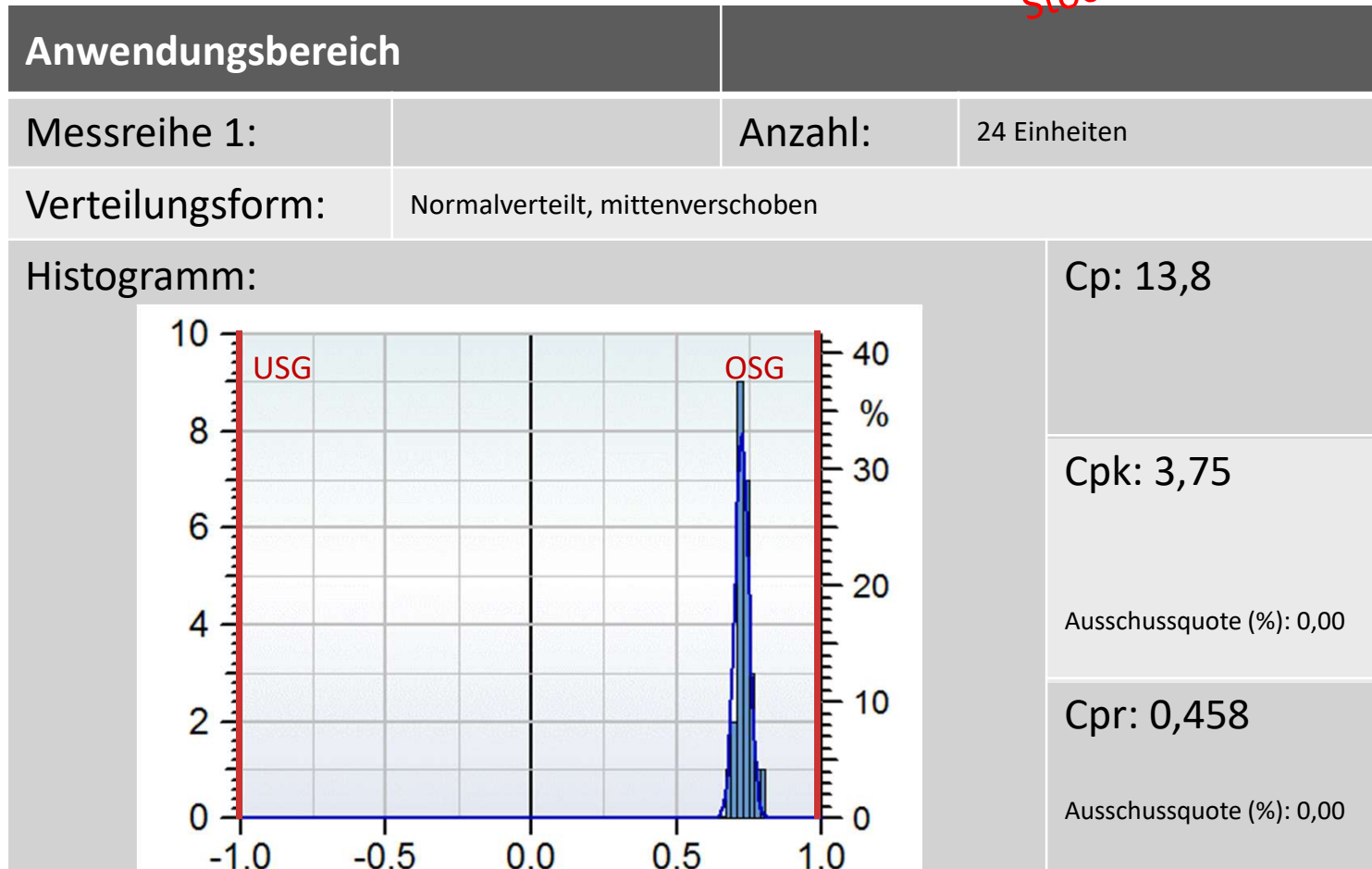
Beispiel Gesamtfg.



Arbeitspaket 5

Beispiel Gesamtfzg.

Stockinger 19.05.2015



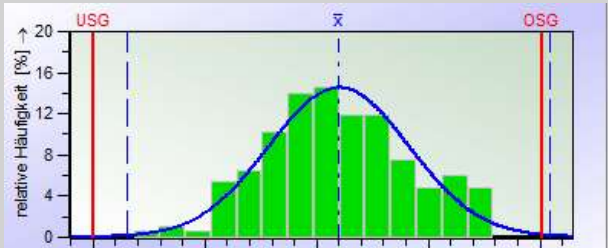
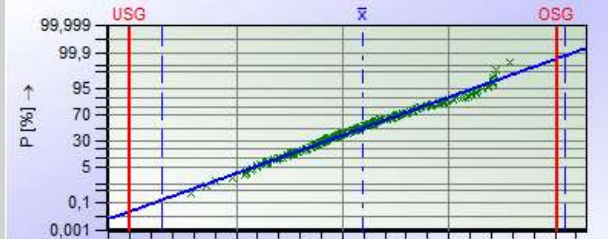
Arbeitspaket 5

Beispiel Gesamtfg.

Anwendungsbereich			
Messreihe 1:		Anzahl:	24 Einheiten
Verteilungsform:	Nicht normalverteilt, Mischverteilung		
Histogramm:	<p>Histogramm</p> <p>rel. Häufigkeit</p> <p>Messmerkmal</p>		Cp: 1,49
			Cpk: 1,15
			Ausschussquote (%): 0,38
			Cpr: 0,90
			Ausschussquote (%): 0,38

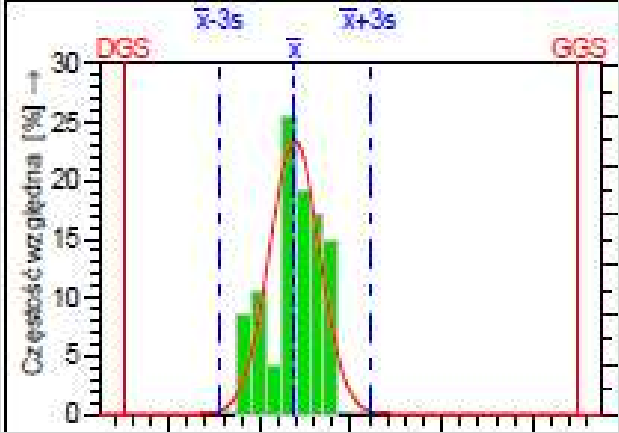
Arbeitspaket 5

Fertigungsdaten

Anwendungsbereich		Motor	
Messreihe 1:	Bauteil 1	Anzahl:	185 Einheiten an 42 Tagen
Verteilungsform:	Normalverteilung, zeitabh. Verteilungsmodell C1		
Histogramm:		Cp: 1,06	
		Cpk: 0,95	
		Ausschussquote (%):	
qs-STAT		Cpr: 1,01	
		Ausschussquote (%):	

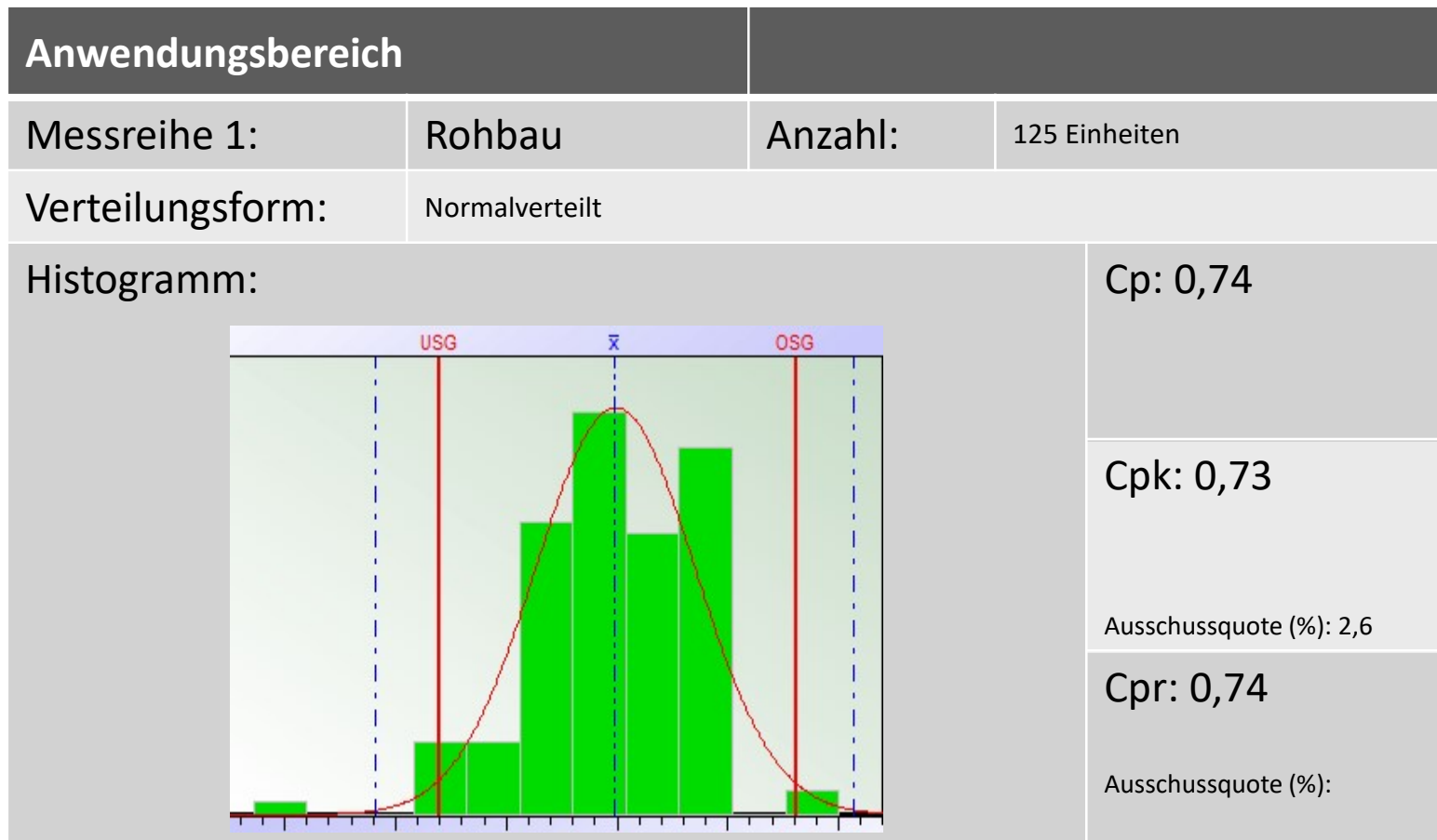
Arbeitspaket 5

Fertigungsdaten

Anwendungsbereich		Motor	
Messreihe 2:	Bauteil 2	Anzahl:	47 Einheiten an 2 Tagen
Verteilungsform:	Normalverteilung		
Histogramm:		Cp: 3,05	
		Cpk: 2,29	
		Ausschussquote (%): 0	
		Cpr: 1,22	
		Ausschussquote (%): 0	

Arbeitspaket 5

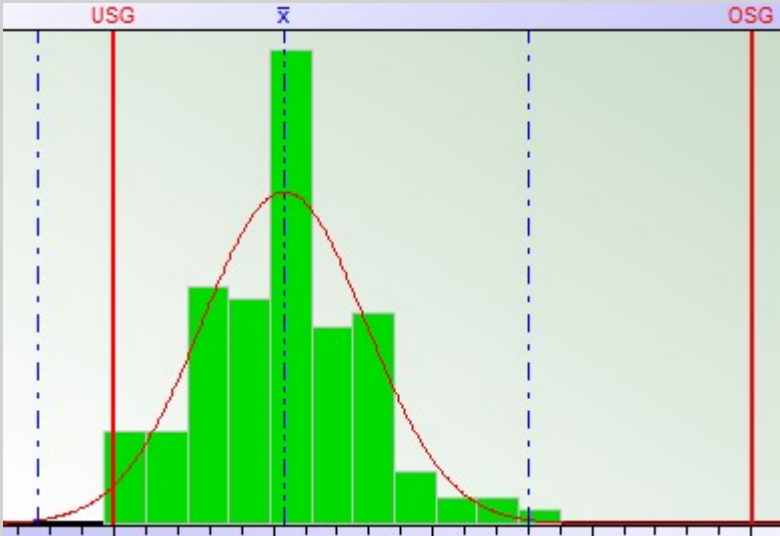
Beispiel Karosserie.



Arbeitspaket 5

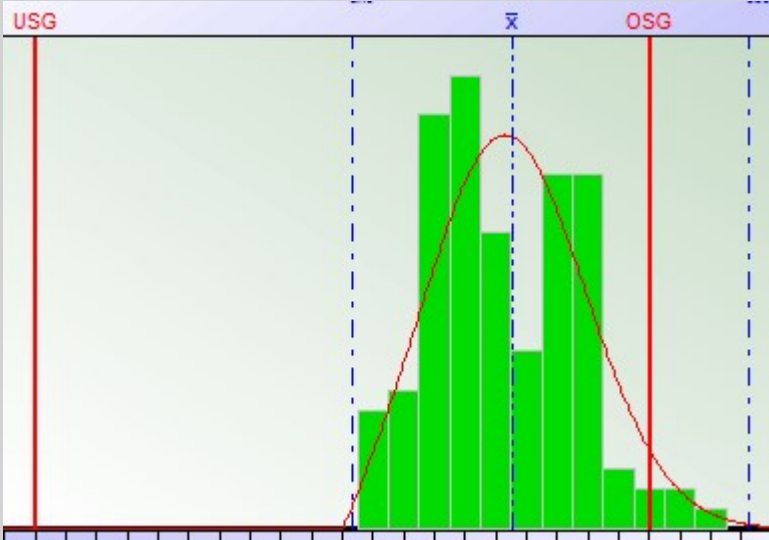
Beispiel Karosserie.

pflüger 08.06.2015

Anwendungsbereich			
Messreihe 2:	Rohbau	Anzahl:	125 Einheiten
Verteilungsform:	Normalverteilt, mittengeschoben		
Histogramm:			Cp: 1,30
			Cpk: 0,69
			Ausschussquote (%): 1,95
			Cpr: 0,62
			Ausschussquote (%):

Arbeitspaket 5

Beispiel Karosserie.

Anwendungsbereich			
Messreihe 3:	Rohbau	Anzahl:	125 Einheiten
Verteilungsform:	Betragsverteilung 2.Art (Faltung \leftrightarrow 0)		
Histogramm:			<p>Cp: 1,54</p> <p>Cpk: 0,58</p> <p>Ausschussquote (%): 3,85</p> <p>Cpr: 0,55</p> <p>Ausschussquote (%):</p>

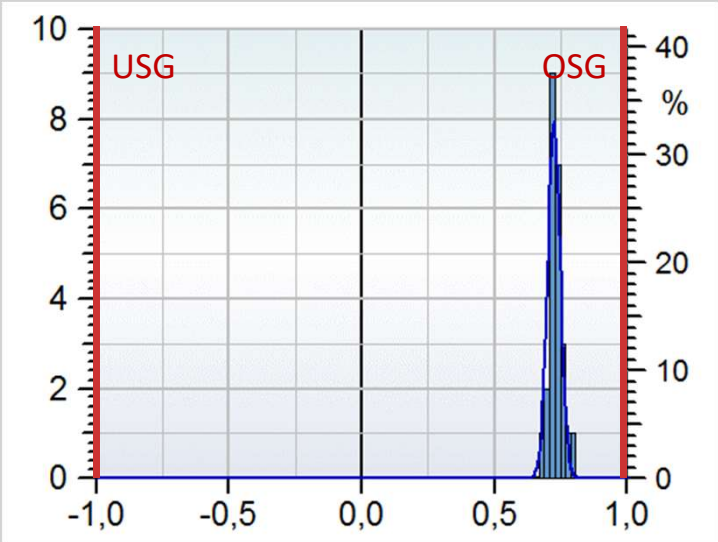
Arbeitspaket 5

Beispiel Karosserie.

Anwendungsbereich			
Messreihe 4:	Rohbau	Anzahl:	125 Einheiten
Verteilungsform:	Normalverteilung, mittengeschoben		
Histogramm:			<p>Cp: 1,30</p> <p>Cpk: 0,29</p> <p>Ausschussquote (%): 19,0</p> <p>Cpr: 0,41</p> <p>Ausschussquote (%):</p>

Arbeitspaket 5.

Beispiel Gesamtfahrzeug.

Anwendungsbereich			
Messreihe 1:	Gesamtfzg.	Anzahl:	24 Einheiten
Verteilungsform:	Normalverteilt, mittengeschoben		
Histogramm:			Cp: 13,8
			Cpk: 3,75
			Ausschussquote (%): 0,00
			Cpr: 0,458
			Ausschussquote (%): 0,00

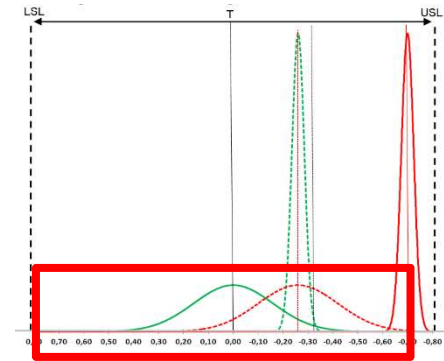
Arbeitspaket 5.

Beispiel Karosserie.

Anwendungsbereich			
Messreihe 3:	Karosserie	Anzahl:	125 Einheiten
Verteilungsform:	Betragsverteilung 2.Art (Faltung $\llcorner > 0$)		
Histogramm:			Cp: 1,54
			Cpk: 0,58
			Ausschussquote (%): 3,85
			Cpr: 0,55
			Ausschussquote (%):

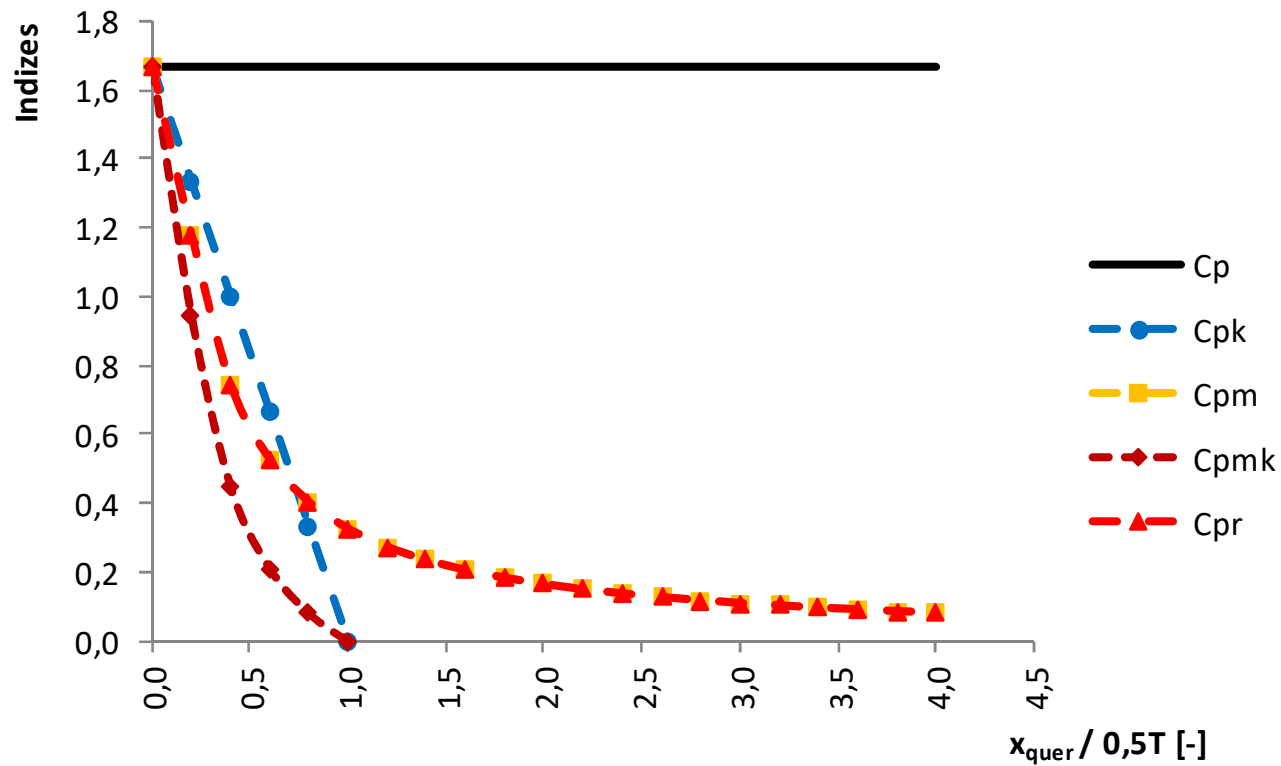
Arbeitspaket 5

Kennzahlenvergleich.



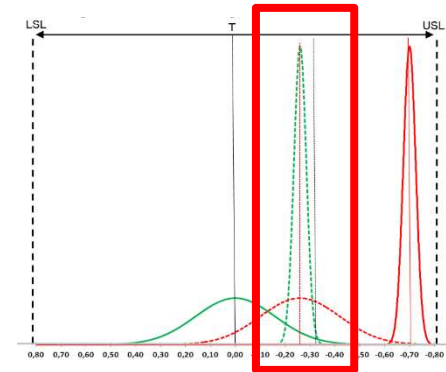
Fallbeispiel Einfluss Mittelwertverschiebung bei $C_p = 1,67$; normiert

Einfluss Mittelwert xquer



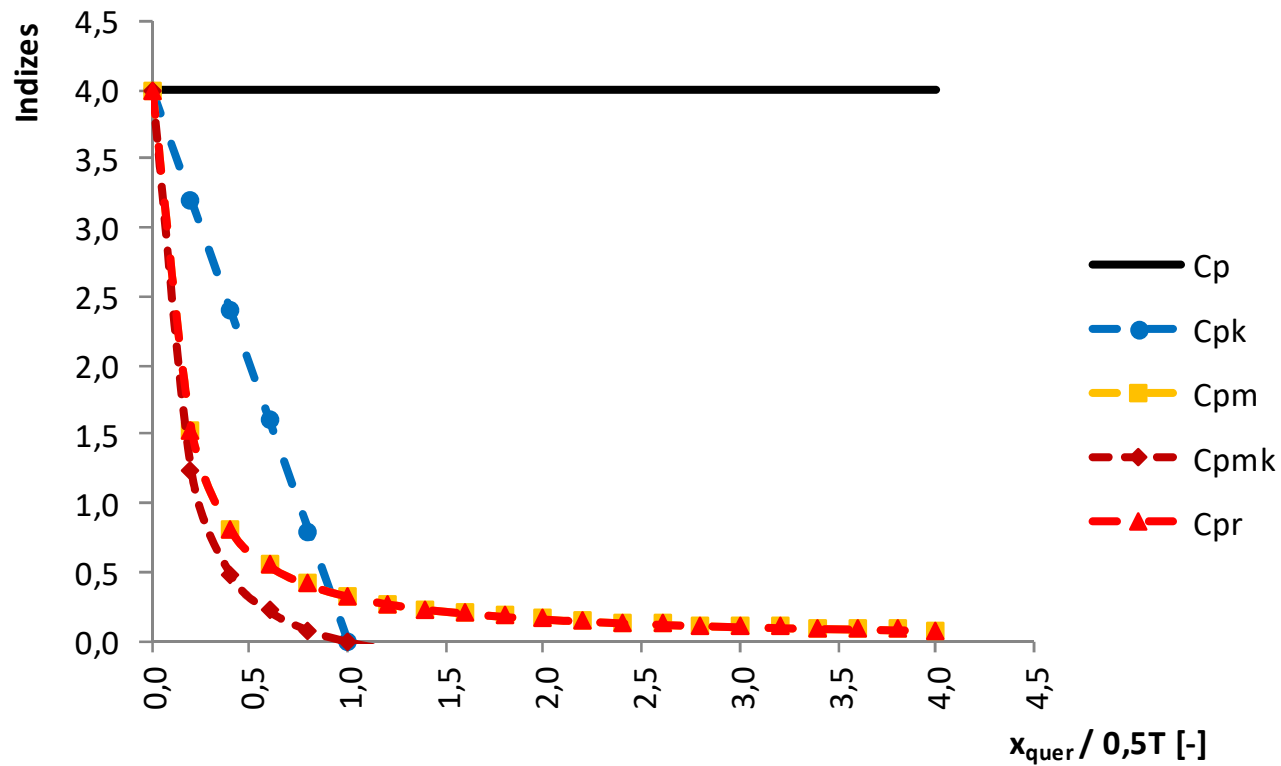
Arbeitspaket 5

Kennzahlenvergleich.



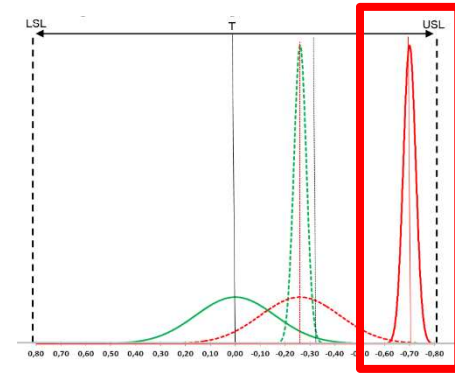
Fallbeispiel Einfluss Mittelwertverschiebung bei $C_p = 4,0$; normiert

Einfluss Mittelwert xquer



Arbeitspaket 5

Kennzahlenvergleich.



Fallbeispiel Einfluss Mittelwertverschiebung bei $C_p = 8,0$; normiert

Einfluss Mittelwert xquer

