

STEPHAN CONRAD - QUALITÄT IM DIALOG LEIPZIG

VDA 5 und AIAG MSA Harmonizing the Future



Wer bin ich?



Committees

- **Chair ISO/TC 69/SC 4**
Applications of statistical methods in product and process management
- **DIN NA 147-00-02 AA**
Angewandte Statistik,
Mirror Committee ISO/TC 69
- **VDA Projektgruppe PG SPC**
Erstellung VDA SPC Manual
Harmonisierung AIAG
- **VDA Arbeitskreis AK 5**
Erstellung, Ansprechpartner 5.1/2/3
Harmonisierung AIAG
- **VDI FA 1.12**
Messunsicherheit und Prüfprozesseignung



Experience

- **Testo Industrial Services GmbH**
Senior Consultant Quality Assurance
- **Q-DAS GmbH part of HxGN**
Team Leader Training & Consulting
- **TEQ Training und Consulting GmbH**
- **Q-DAS Academy GmbH**
- **Q-DAS GmbH (... & Co. KG)**



Education

- **Dipl.-Ing. Physik**
TU Darmstadt
TU Kaiserslautern

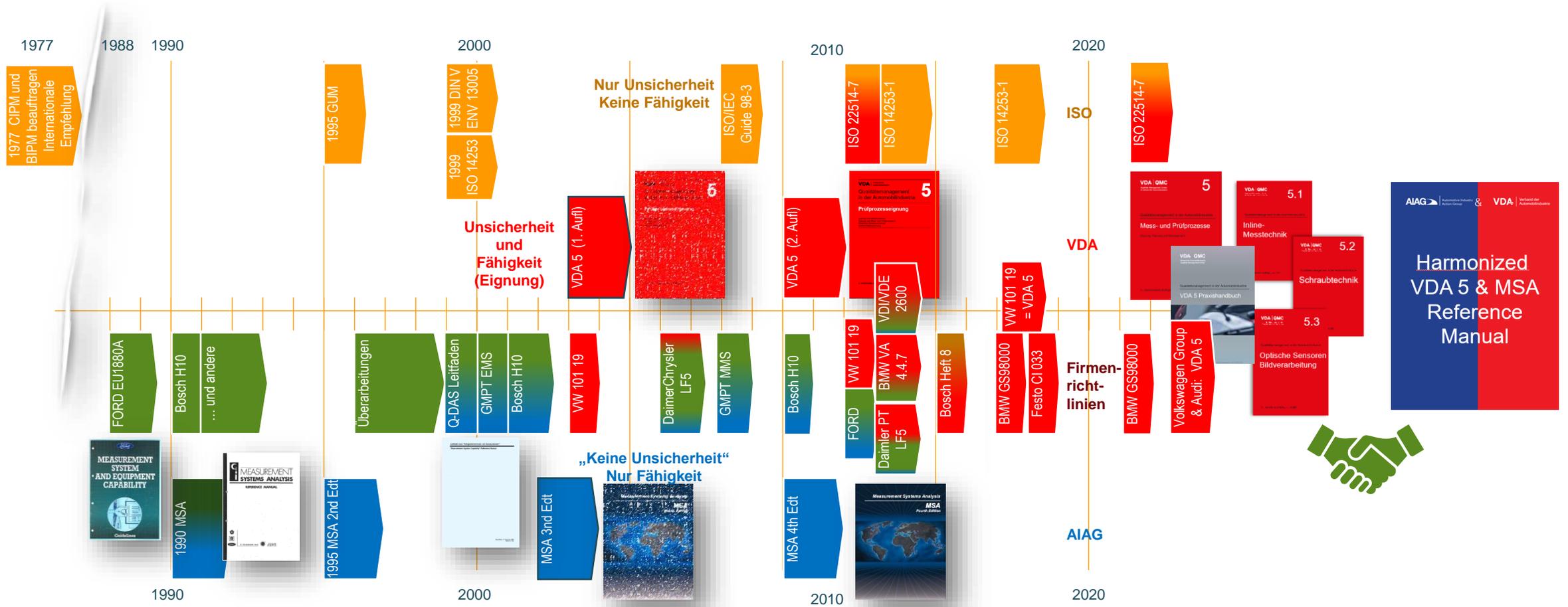


Stephan Conrad

AGENDA

- ▶ HISTORISCHE ENTWICKLUNG
- ▶ DAS VDA 5-KONZEPT
- ▶ GRUNDLEGENDE UNTERSCHIEDE
MSA - VDA 5
- ▶ GRUNDLEGENDE GLEICHHEITEN
MSA - VDA 5
- ▶ BEWERTUNG MESSSYSTEM
- ▶ BEWERTUNG MESSPROZESS
- ▶ WAS SIE BEI DEN MSA-METHODEN
VERMISSEN WERDEN
- ▶ NÄCHSTE SCHRITTE

Historische Entwicklung



Heutiger Stand der Technik



Reihenfolge sortiert für den Vergleich der Verfahren

Reihenfolge wie in AIAG MSA

ISO/IEC Guide 98 (GUM) ISO 14253-1	VDA Band 5 (3. Edition) ISO 22514-7	Firmenrichtlinien MSA („what you really do ...“)	AIAG MSA 4 th Edition	
<p>ISO/IEC Guide 98 (GUM)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kombinierte Standardunsicherheit u_c - Freiheitsgrade f - Erweiterte Messunsicherheit U <p><i>“It may therefore be necessary to develop particular standards based on this Guide that deal with the problems peculiar to specific fields of measurement or with the various uses of quantitative expressions of uncertainty.”</i></p> <p><i>“Although this Guide provides a framework for assessing uncertainty, it cannot substitute for</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>critical thinking,</i> - <i>intellectual honesty and</i> - <i>professional skill.”</i> 	<p>Eignung Mess-System Q_{MS}</p> <p>Berücksichtigung von Verfahren 1, Linearität und anderen Vorkenntnissen</p>	<p>Verfahren 1 – Cg/Cgk</p>	<p>Signifikanztest für Bias (QRK oder Stichprobe) </p>	<p>Stabilität </p>
	<p>Eignung Mess-Prozess Q_{MP}</p> <p>Berücksichtigung der Methoden 2 und 3, der Temperatur, des Messobjekts (Formabweichungen), mehrerer Messstellen, der (Kurzzeit-)Stabilität und anderer Vorkenntnisse</p>	<p>Linearität (normalerweise verstanden als Veränderung des Bias über T)</p>	<p>Signifikanztest für Linearität (Achsenabschnitt und Steigung) </p>	<p>Signifikanztest für Bias (QRK) </p>
		<p>Verfahren 2 - %GRR</p>	<p>Gage R&R und/oder ndc (Vorzugsweise in Bezug auf den Fertigungsprozess)</p>	<p>Signifikanztest für Bias (Stichprobe) </p>
		<p>Verfahren 3 - %GRR</p>	<p>Stabilität </p>	<p>Signifikanztest für Linearität (Achsenabschnitt und Steigung) </p>
		<p>Stabilität</p>	<p>Stabilität </p>	<p>Gage R&R and/or ndc </p>
	<p>Entscheidungsregeln für die Feststellung der Konformität oder Nichtkonformität mit Spezifikationen</p>	<p>(Keine Einflüsse aus der Umgebung, Messobjekt, ...) </p>	<p>Keine Messunsicherheit - keine Entscheidungsregeln </p>	<p>(Keine Einflüsse aus der Umgebung, Messobjekt, ...) </p>
<p>Entscheidungsregeln für die Feststellung der Konformität oder Nichtkonformität mit Spezifikationen</p>	<p>Keine Messunsicherheit - keine Entscheidungsregeln </p>	<p>Keine Messunsicherheit - keine Entscheidungsregeln </p>	<p>Keine Messunsicherheit - keine Entscheidungsregeln </p>	<p>Keine Messunsicherheit - keine Entscheidungsregeln </p>

Vorarbeiten und Konsequenzen

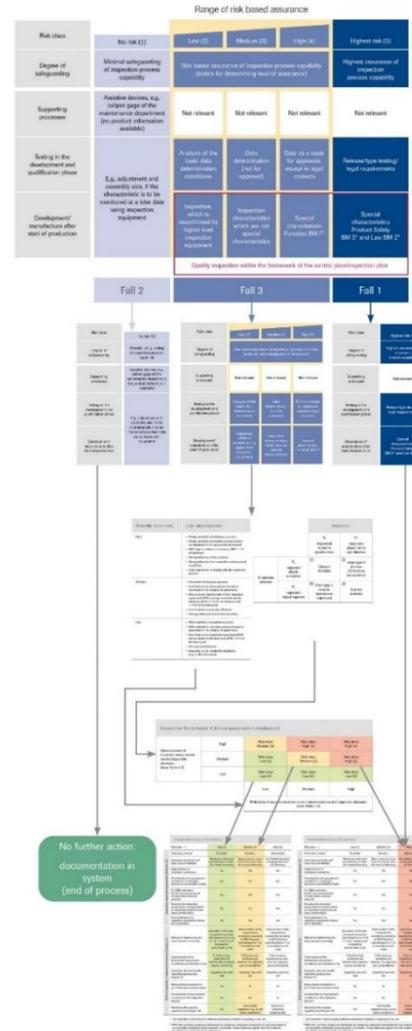


- ▶ Risikobasierter Ansatz

- ▶ Risiko identifizieren

- ▶ Risikoklasse definieren

- ▶ Anforderungen an Kalibrierung und Fähigkeit



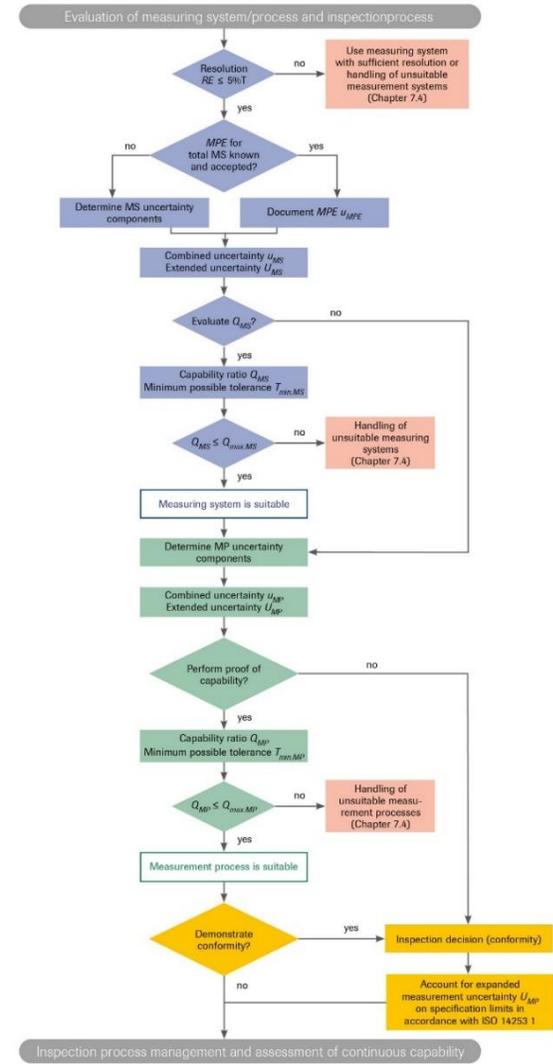
Example determination of the assurance			
Risk class -->	Low (2)	Medium (3)	High (4)
Calibration interval*	Extended	Standard	Abbreviated
Calibration preferably by** (see 4.5.2.2 for details)	Measuring instrument manufacturer or suitable internal laboratory	Measuring instrument manufacturer or suitable internal laboratory	Accredited laboratory or appropriate internal laboratory
Determination of calibration uncertainty	No	Yes	Yes
Consideration of measurement uncertainty in calibration decision as per ISO/IEC 17025)	No	No	Yes
For NOK calibration: Conformity assessment of already tested products required	No	Yes	Yes
Ensuring the retroactive assignment of component/lot to inspection equipment and measurement result	No	No	Yes
Final calibration, if a inspection equipment is taken out of operation	No	Yes	Yes
Method for determining the measurement uncertainty	Estimation of the measurement uncertainty (see Chapters 6.3.1 and 7.1.1) or implicit proof of capability (see Chapter 4.7.6)	Determination of the measurement uncertainty according to VDA Volume 5 (see Chapters 5-7) or in accordance with GUM	Determination of the measurement uncertainty according to VDA Volume 5 (see Chapters 5-7) or in accordance with GUM
Transferability of the determined measurement uncertainty (see Chapters 4.7.4)	If the boundary conditions are identical, the capability may be transferred	If the boundary conditions are identical, the capability may be transferred	If the boundary conditions are identical, the capability may be transferred
Capability ratio limit for the inspection process (see Chapter 7)	Capability ratio limit high	Capability ratio limit low	Capability ratio limit low
Measurement uncertainty is part of the measurement result	No	Ja	Ja
Consideration of measurement uncertainty in the inspection decision	No	No	Ja
Monitoring the ongoing capability (see Chapter 10)	No	Intermediate inspection (e.g., on the master component)	Continuous monitoring (ongoing test)

Strukturierte Analyse der Unsicherheit in 3 Schritten

- ▶ Messsystem
 - Unsicherheitsabschätzung
 - Methode **B** durch Wissen („Bestens bekannt“)
 - Methode **A** durch Experimente („Alles ausprobieren“)
 - Experiment MS
 - Messunsicherheit U_{MS}
 - Fähigkeitsquotient Q_{MS}

- ▶ Messprozess (inkl. Messsystem)
 - Unsicherheitsabschätzung
 - Methode **B** durch Wissen („Bestens bekannt“)
 - Methode **A** durch Experimente („Alles ausprobieren“)
 - Experiment MP
 - Messunsicherheit U_{MP}
 - Fähigkeitskennzahl Q_{MP}

- ▶ Konformitätsprüfung
 - Schutzabstand nach ISO 14253-1 und anderen



Measuring system
Measuring process
Inspection process

Graphic taken or adapted from VDA Volume 5 3rd edition 2021

Grundlegende Unterschiede AIAG MSA - VDA 5



▶ Wortwahl

- AIAG MSA hat **eigene, nicht normkonforme Definitionen**. Beispiel: Messsystem = Messprozess
- VDA 5 folgt **ISO 3534-x** und **ISO/IEC Guide 99** (VIM). Beispiel: Messsystem ist Teil des Messprozesses

▶ Messunsicherheit

- AIAG schreibt in Chapter 1 Section F:
*Measurement Uncertainty is a term that is used internationally to describe the quality of a measurement value. [...] The **major difference between uncertainty and the MSA** is that ... the MSA focus is on understanding the measurement process [... and no uncertainty calculated]*
- VDA 5 schreibt im Vorwort: *Measurement process capability is more than just the approval of the test equipment, it also **includes dealing with measurement uncertainty** in product and production design. A complete measurement result consists of a determined measured value and the measurement uncertainty of the measurement process.*
(Prüfprozesseignung ist mehr als nur die Freigabe des Prüfmittels, sie umfasst auch den Umgang mit der Messunsicherheit in der Produkt- und Fertigungsgestaltung. Ein vollständiges Messergebnis setzt sich aus einem ermittelten Messwert und einer Messunsicherheit des Messprozesses zusammen.)

▶ Verfahren

- ...

Grundlegende Gemeinsamkeiten MSA – VDA 5



Component	VDA Volume 5	Experiment	Requirement	AIAG MSA	Experiment	Requirement			
Resolution	$u_{RE} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{RE}{2}$	GUM Method B	$RE \leq 5\% T$	RE	(GUM Method B)	$RE \leq 10\% RF$ (RF = TV preferred)			
Calibration Uncertainty (calibration chain)	$u_{RE} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot MPE_{CAL} = \frac{U_{CAL}}{k}$	GUM Method B	<i>all components part of</i> $Q_{MS} \leq 15\% T$ $U_{MS} = 2u_{MS}$ 95,45% and $Q_{MP} \leq 30\% T$ <i>see below</i>	X	X	X			
Bias	$u_{BI} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot BI$	GUM Method A 1 ... k reference parts 2 ... r repeated measurements each part k · r ≥ 30 measurements					t – Test for significant Bias	Recommended: Min n ≥ 10 measurements "Special caution [...] when n ≤ 30"	Not significant
Repeatability (reference)	$u_{EVR} = s_{EV}$	GUM Method B also applicable					$EV = s_{EV}$	"should be small"	
Linearity	$u_{LIN} = s_{LIN} (ANOVA)$ $u_{LIN} \in \max(BI)$						t – Test for sig. slope/intercept	No requirements, Example: 5 ref parts, 12 measurements each	Not significant
Repeatability (object)	$u_{EVO} = s_{EV} (ANOVA)$	GUM Method A • min 5 parts • min 2 repeated measurements each part • min 2 operators • min 2 of each other component if applicable • min 30 measurements Experiments according • GRR Study type 2 • GRR Study type 3 • DOE plan	<i>all components part of</i> $Q_{MP} \leq 30\% T$ $U_{MP} = 2u_{MP}$ 95,45%	X	X	X			
Reproducibility operator	$u_{AV} = s_{AV} (ANOVA)$						$EV = s_{EV} (ANOVA)$	Recommended: GRR Study 10 parts, 3 operators 2-3 repeated measurements (Range Method 5 parts, 3 operators, 1 meas., AV only)	$GRR \leq 10\% RF$ $GRR \leq 30\% RF$ $6\sigma \approx 99,73\%$ RF = TV preferred alternative – historical σ – required Pp – Tolerance T
Interaction operator/part	$u_{IA} = s_{IA} (ANOVA)$						$AV = s_{AV} (ANOVA)$		
Comparability measuring system/position	$u_{GV} = s_{GV} (ANOVA)$						$IA = s_{IA} (ANOVA)$		
Object influence	$u_{OBJ} = s_{OBJ} (ANOVA)$ or various sources	GUM Method B also applicable	X	X	X	X			
Temperature	$u_T = \text{various sources}$								
Stability (short term)	$u_{STAB} = \text{various sources}$	QCC	X	X	X	QCC stable			
Continuing Fitness	X						QCC stable	QCC	QCC stable
Guard Bands	$g = 1,65 \cdot u_{MP}$	Results from u_{MP}	n. a.	X	X	X			

- Der Vergleich zeigt, dass die **Verfahren kompatibel** sind
- Ein weiterer Vergleich mit den **CSR-Hausregeln** von z.B. Ford, Conti, Bosch zeigt ebenfalls, dass eine Harmonisierung **machbar und wünschenswert** ist
- **Beispiel für zu erledigende Aufgaben:**
 - Stichprobengrößen synchronisieren
 - Zu empfehlende Methoden nach dem Stand der Technik abstimmen

Unsicherheitskomponenten



VDA 5	Unsicherheitskomponente		MSA	CSR	AIAG
u_{RE}	Auflösung der Anzeige / des Messwertes	Gerät prüfen	RE	$\leq 5\% T$	$\leq 10\%$ Prozess
u_{CAL}	Kalibrierung des Standards / der Referenz	Dokument prüfen	U_{CAL}	$\leq 5\% T$	U_{CAL} klein
u_{BI}	Bias	Experiment MS 1 oder mehrere Referenzen 25-50 mal messen	Bi	C_g/C_{gk}	Test auf sign. Bias
u_{EVR}	Wiederholbarkeit (an der Referenz)		s_g		$\leq 10\%$ Prozess
u_{LIN}	Linearitätsabweichung		Lin	Bi_{max}	Test auf sign. Steigung/ Achesnabschnitt
u_{EVO}	Wiederholbarkeit (am Messobjekt)	Experiment MP 5-10 Teilen durch 2-3 Bediener 2-3 mal messen	EV	GRR	GRR
u_{AV}	Vergleichbarkeit der Bediener		AV		
u_{IAi}	Wechselwirkung(en)		IA		
u_{GV}	Vergleichbarkeit der Messsysteme/-punkte	Erweitertes Experiment MP	n.a.		
u_{TEMP}	Temperatur		Stabilitäts-Karten		
u_{STAB}	Vergleichbarkeit zu verschiedenen Zeitpunkten		n.a.		
u_{OBJ}	Inhomogenität des Messobjekts		n.a.		
u_{REST}	Rest-Unsicherheitskomponenten		n.a.		

Bewertung des Messsystems



C_g/C_{gk}

Minimale Bezugsgröße für fähiges Prüfsystem	
$C_g = \frac{0.2T}{4s_g} = 3.22$	$T_{min}(C_g) = 0.12391$
$C_{gk} = \frac{0.1T}{2s_g} = 3.06$	$T_{min}(C_{gk}) = 0.13066$
%RE = 0.33%	$T_{min}(RE) = 0.020000$

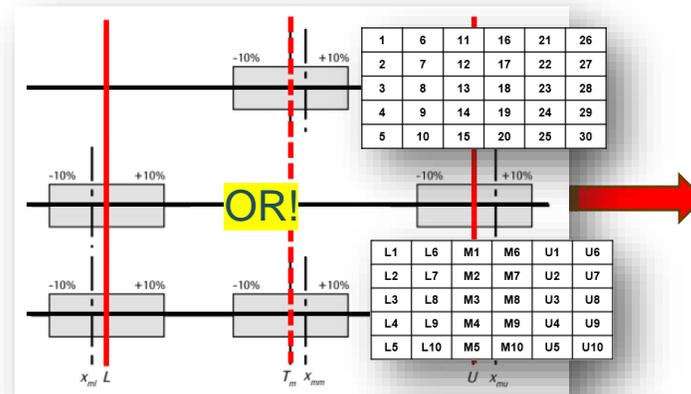
Prüfsystem fähig (RE, U, C_g, C_{gk})



Check RE and U_{CAL}

Test for sig Bi

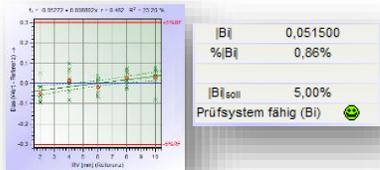
Test for Bias		n _{ref} = 50	Test level =
H ₀ : Bias equals 0			5%
H ₁ : Bias is bigger than 0			
upper critical value (α = 5%)	2.01	Test results: significant (α = 5.1%)	
upper critical value (α = 1%)	2.68	7.61817***	
upper critical value (α = 0.1%)	3.50		
H ₁ ***: Bias is bigger than 0			
confidence interval		Confidence level	
-0.0013827 -0.00081726 0		1-α =	95.000%
		%BI =	2.75%



Part number	Teil-Nr	Part	Engine shaft
Characteristic Number	MM-AR	Characteristic	Example on one measurement standard
Nominal value	6.000	Unit	mm
		Calc. Tot	0.060
		USL	6.030
		LSL	5.970

Charact	Char. Descr	Type	Type	Error limit value	Distribution factor	s	U	k	%U _{MS}	Rank
<input checked="" type="checkbox"/>	Resolution of the measuring system	RE	A	B	0.000500	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	---	---	0.000289	4*
<input checked="" type="checkbox"/>	Calibration uncertainty	CAL	A	B	---	---	0.002	2	0.00100	41.75 1
<input checked="" type="checkbox"/>	Repeatability on reference standard	EVR	A	A	---	---	---	---	0.000995	41.36 2
<input checked="" type="checkbox"/>	Uncertainty from linearity	LN	A	B	0.000	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	---	---	0.000	5*
<input checked="" type="checkbox"/>	Uncertainty from Bias	BI	A	B	0.00110	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	---	---	0.000635	16.85 3
<input type="checkbox"/>	Other influence component MS	REST	A	B	---	---	---	---	---	---
	Measurement system	MS	A	A	---	---	---	---	0.00155	100.0

Lin/BI_{max}



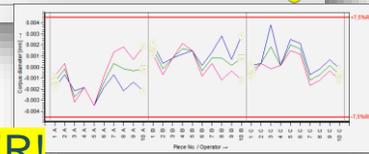
Measurement system	
Tolerance	T = 0.060
Resolution	%RE = 1.67%
Combined standard uncertainty	U _{MS} = 0.00155
Expanded measurement uncertainty	U _{MS} = 0.00309
Capability ratio limit	Q _{MS,max} = 15.00%
Capability ratio	Q _{MS} = 10.31%
Minimum tolerance	T _{MS,min} = 0.0413
Measurement system capable (%RE, Q _{MS} , Q _{MP})	

Bewertung des Messprozesses



%GRR Type 2

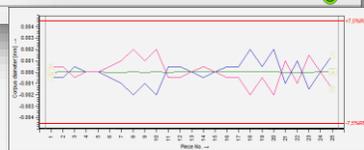
Parameter	Value	Standard dev.	Confidence level	1-sigma	2-sigma	3-sigma	NEV	%EV
Repeatability	0.00000000	0.00000000	EV	+1.00000000	+1.00000000	+1.00000000	NEV	+10.00%
Reproducibility	0.00000000	0.00000000	RP	+1.00000000	+1.00000000	+1.00000000	NEV	+9.32%
Repeatability & Reproducibility	0.00000000	0.00000000	RPV	+1.00000000	+1.00000000	+1.00000000	NEV	+17.32%
Part Variation	0.00000000	0.00000000	PV	+0.00000000	+0.00000000	+0.00000000	NEV	+100.00%
Total Variation	0.00000000	0.00000000	TV	+0.00000000	+0.00000000	+0.00000000	NEV	+117.32%



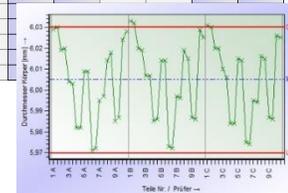
ODER!

%GRR Type 3

Parameter	Value	Standard dev.	Confidence level	1-sigma	2-sigma	3-sigma	NEV	%EV
Repeatability	0.00001689	0.00000000	EV	+1.00000000	+1.00000000	+1.00000000	NEV	+14.76%
Reproducibility	0.00001689	0.00000000	RP	+1.00000000	+1.00000000	+1.00000000	NEV	+14.76%
Repeatability & Reproducibility	0.00003378	0.00000000	RPV	+1.00000000	+1.00000000	+1.00000000	NEV	+29.52%
Part Variation	0.00000000	0.00000000	PV	+0.00000000	+0.00000000	+0.00000000	NEV	+100.00%
Total Variation	0.00003378	0.00000000	TV	+0.00000000	+0.00000000	+0.00000000	NEV	+129.52%



n	Xa1	Xa2	Xg1	Bg1	Xe1	Xe2	Xg2	Bg2	Xc1	Xc2	Xg3	Bg3
1	6.029	6.030	6.0295	0.0007	6.033	6.032	6.0325	0.0007	6.031	6.030	6.0305	0.0007
2	6.019	6.020	6.0195	0.0007	6.020	6.019	6.0195	0.0007	6.020	6.020	6.0200	0.0000
3	6.004	6.003	6.0035	0.0007	6.007	6.007	6.0070	0.0000	6.010	6.006	6.0080	0.0028
4	5.982	5.982	5.9820	0.0000	5.985	5.986	5.9855	0.0007	5.984	5.984	5.9840	0.0000
5	6.009	6.009	6.0090	0.0000	6.014	6.014	6.0140	0.0000	6.015	6.014	6.0145	0.0007
6	5.971	5.972	5.9715	0.0007	5.973	5.972	5.9725	0.0007	5.971	5.971	5.9710	0.0000
7	5.995	5.997	5.9960	0.0014	5.997	5.996	5.9965	0.0014	5.995	5.995	5.9950	0.0000
8	6.014	6.018	6.0160	0.0028	6.019	6.015	6.0170	0.0028	6.014	6.014	6.0140	0.0000
9	5.985	5.987	5.9860	0.0014	5.987	5.986	5.9865	0.0014	5.985	5.985	5.9850	0.0000
10	6.024	6.028	6.0260	0.0028	6.029	6.025	6.0270	0.0028	6.024	6.024	6.0240	0.0000



ODER!

Teilnr.	Telebez.	Werte		
Merkm.N	Merkm B	Aussendurchm		
n	Xa1	Xa2	Xg1	Bg1
1	6.029	6.030	6.0295	0.0001
2	6.019	6.020	6.0195	0.0001
3	6.004	6.003	6.0035	0.0001
4	5.982	5.982	5.9820	0.0000
5	6.009	6.009	6.0090	0.0000
6	5.971	5.972	5.9715	0.0001
7	5.995	5.997	5.9960	0.0001
8	6.014	6.018	6.0160	0.0001
9	5.985	5.987	5.9860	0.0001
10	6.024	6.028	6.0260	0.0001
11	6.033	6.032	6.0325	0.0001
12	6.020	6.019	6.0195	0.0001
13	6.007	6.007	6.0070	0.0001
14	5.985	5.986	5.9855	0.0001
15	6.014	6.014	6.0140	0.0001
16	5.973	5.972	5.9725	0.0001
17	5.997	5.996	5.9965	0.0001
18	6.019	6.015	6.0170	0.0004
19	5.987	5.986	5.9865	0.0001
20	6.029	6.025	6.0270	0.0004
21	6.017	6.019	6.0180	0.0002
22	6.003	6.001	6.0020	0.0002
23	6.009	6.012	6.0105	0.0003
24	5.987	5.987	5.9870	0.0000
25	6.006	6.003	6.0045	0.0003



Part number	Teil-Nr	Part	Characteristic	Engine shaft								
Characteristic Number	MM-NR	Unit	Example of the measurement process	6.030								
Nominal value	6.000	mm	USL	6.030								
			LSL	5.970								
			Calc.Tol	0.060								
<input checked="" type="checkbox"/>	Resolution of the measuring system	RE	B	0.000500	$\frac{1}{\sqrt{5}}$	---	---	---	0.000289	---	6*	
<input checked="" type="checkbox"/>	Calibration uncertainty	CAL	B	---	---	---	0.002	2	0.00100	21.61	2	
<input checked="" type="checkbox"/>	Repeatability on reference standard	EVR	A	---	---	---	---	---	0.000995	---	3*	
<input checked="" type="checkbox"/>	Uncertainty from linearity	LIN	B	0.000	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	---	---	---	0.000	---	7*	
<input checked="" type="checkbox"/>	Uncertainty from Bias	BI	B	0.00110	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	---	---	---	0.000635	8.717	5	
<input type="checkbox"/>	Other influence component MS	REST	B	---	---	---	---	---	---	---	---	
<input type="checkbox"/>	Measurement system	MS	A	---	---	---	---	---	0.00155	51.72	---	
<input checked="" type="checkbox"/>	Repeatability of operators	AV	A	---	---	0.000932	---	---	0.000932	18.76	4	
<input checked="" type="checkbox"/>	Repeatability on test part	EVO	A	---	---	0.00153	---	---	0.00153	50.91	1	
<input type="checkbox"/>	Reproducibility of the measuring systems	GV	A	---	---	---	---	---	---	---	---	
<input type="checkbox"/>	Reproducibility over time	STAB	A	---	---	---	---	---	---	---	---	
<input checked="" type="checkbox"/>	Measurement system											
	Tolerance	T	=	0.060								
	Resolution	%RE	=	1.67%								
	Combined standard uncertainty	U _{MS}	=	0.00155								
	Expanded measurement uncertainty	U _{MS}	=	0.00309								
	Capability ratio limit	Q _{MS,max}	=	15.00%								
	Capability ratio	Q _{MS}	=	10.31%								
	Minimum tolerance	T _{MS,min}	=	0.0413								
	Measurement system capable (%RE,QMS,QMP)											
	© Vorzeige-Strategie SC -; VDA 5 / ISO 22514-7											
<input checked="" type="checkbox"/>	Measurement process											
	Combined standard uncertainty	U _{MP}	=	0.00215								
	Expanded measurement uncertainty	U _{MP}	=	0.00430								
	Capability ratio limit	Q _{MP,max}	=	30.00%								
	Capability ratio	Q _{MP}	=	14.34%								
	Minimum tolerance	T _{MP,min}	=	0.0287								
	Measurement process capable (%RE,QMS,QMP)											
	© Vorzeige-Strategie SC -; VDA 5 / ISO 22514-7											

Fehlende Komponenten

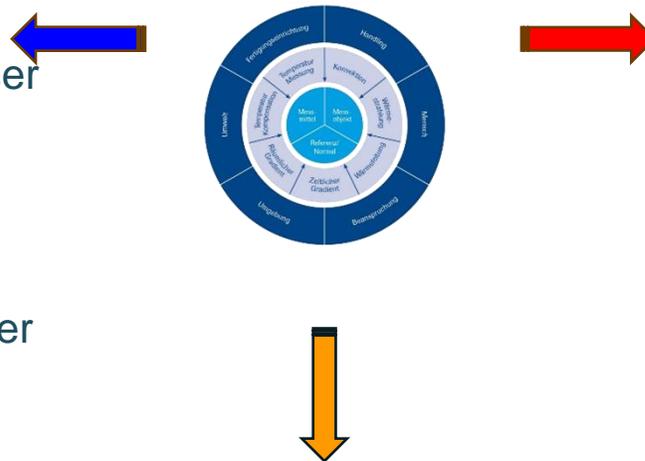
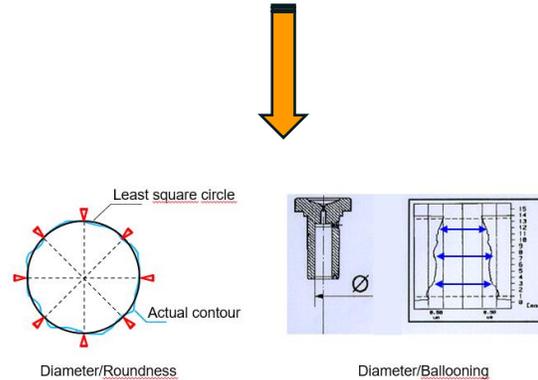


- Messobjekt
- Umgebung

→ Messprozess weiterhin unbekannt

→ Nicht beantwortet: "Ist dieses Messverfahren in dieser Situation sinnvoll?"

- Beispiel:
 - „Mit Bügelmessschraube gemessener Durchmesser zur Überprüfung einer Passbohrung“



VDA 5 umfasst alle relevanten Unsicherheiten des Messprozesses

Part number		Part				Durchmesser (mit motorisch Min/Max)					
Characteristic Number	1.9	Characteristic	mm			USL	8.0100				
Nominal value	8.0000	Unit	0.0090			LSL	8.0010				
Charact.	Char. Descr.	Type	Error limit value	Distribution factor	s	U	k	u	%U _{LP}	Funk.	Abachn.
<input checked="" type="checkbox"/>	Auflösung	RE	B	0.000500	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	---	---	---	0.000288	---	6*
<input checked="" type="checkbox"/>	Wiederholbarkeit am Normal	EVR	A	---	---	0.000583	---	---	0.000583	---	4*
<input checked="" type="checkbox"/>	Parallelität Messflächen	REST	B	0.000600	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	---	---	---	0.000346	37.18	1
<input checked="" type="checkbox"/>	MPE Inkrementalmaßstab	REST	B	0.000100	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	---	---	---	0.000577	1.033	5
	Messsystem	MS	A	---	---	---	---	---	0.000356	39.27	
<input checked="" type="checkbox"/>	Vergleichbarkeit Prüfer	AV	A	---	---	0.000	---	---	0.000	---	7*
<input checked="" type="checkbox"/>	Wiederholbarkeit am Prüfobjekt	EVO	A	---	---	0.000196	---	---	0.000196	11.96	3
<input type="checkbox"/>	Vergleichbarkeit Vorrichtungen	GV	A	---	---	---	---	---	---	---	
<input type="checkbox"/>	Stabilität	STAB	A	---	---	---	---	---	---	---	
<input checked="" type="checkbox"/>	Wechselwirkungen	IAI	A	---	---	---	---	[pooling]	---	---	
<input checked="" type="checkbox"/>	Objektinfluss	OBJ	B	0.000600	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	---	---	---	0.000346	37.18	1
<input type="checkbox"/>	Temperatur	T	B	---	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	---	---	---	---	---	
<input checked="" type="checkbox"/>	Kurzzeit Stabilität	REST	B	0.000350	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	---	---	---	0.000202	12.65	2
	Messprozess	MP	A	---	---	---	---	---	0.000568	100.0	

Ein Eimer voller Antworten, aber keine Lösung



- $\%RE = 4,8\%$

- $C_g = 1,37$

- $C_{gk} = 1,29$

- $Bi_{max} = 4,2\%$

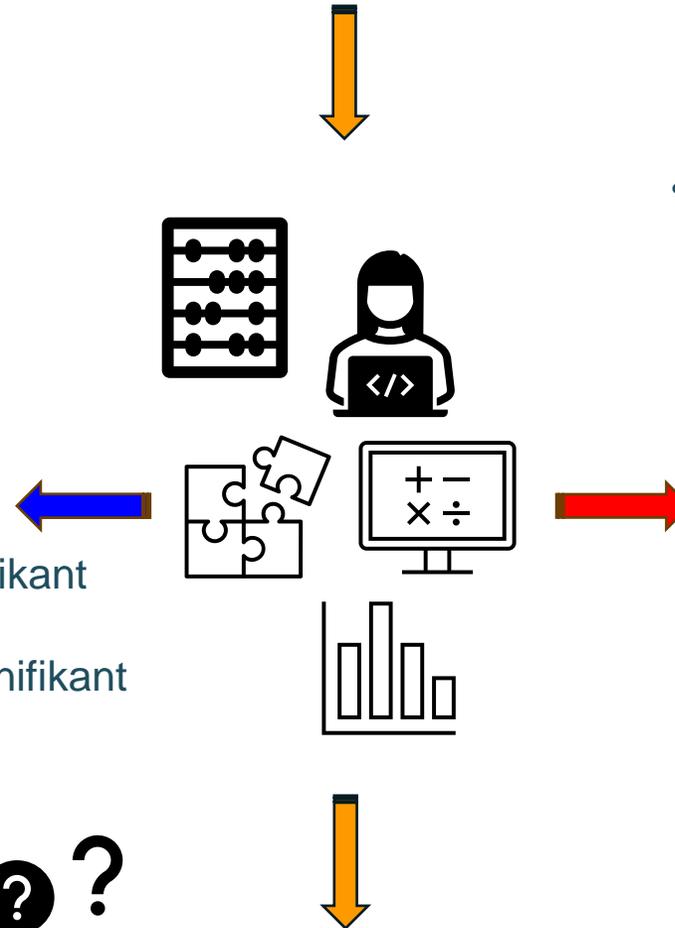
- Test auf Sig Bi: signifikant

- Test auf Steigung: nicht signifikant

- Test auf Achsenabschnitt: signifikant

- $\%GRR = 19\%$

Was ist zu verbessern?
Was ist am wichtigsten?



- VDA 5
- klare Übersicht
 - Unsicherheit in der gemessenen Dimension
 - Rangfolge und %-Beitrag zu U_{MP}

Part number		Part		Durchmesser (mit motorisch Min/Max)	
Characteristic Number	1 9	Characteristic	6.0010	Unit	8.0100
Normal value	0.0000	Unit		Calc. Tol.	
Charact	Char Descr.	Type	Error limit value	%U _{MP}	Rank
<input checked="" type="checkbox"/>	Auflösung	RE	B	0.00050	6*
<input checked="" type="checkbox"/>	Wiederholbarkeit am Normal	EVR	A		4*
<input checked="" type="checkbox"/>	Parallelität Messflächen	REST	B	0.00060	37.18
<input checked="" type="checkbox"/>	MPE inkrementalmaßstab	REST	B	0.00100	1.033
<input type="checkbox"/>	Messsystem	MS	A		39.27
<input checked="" type="checkbox"/>	Vergleichbarkeit Prüfer	AV	A		7*
<input checked="" type="checkbox"/>	Wiederholbarkeit am Prüfobjekt	EVO	A		11.96
<input type="checkbox"/>	Vergleichbarkeit Vorrichtungen	GV	A		
<input type="checkbox"/>	Stabilität	STAB	A		
<input checked="" type="checkbox"/>	Wechselwirkungen	IAI	A		[pooling]
<input checked="" type="checkbox"/>	Objektinfluss	OBJ	B	0.00060	37.18
<input type="checkbox"/>	Temperatur	T	B		
<input checked="" type="checkbox"/>	Kurzzeit Stabilität	REST	B	0.000350	12.65
<input type="checkbox"/>	Messprozess	MP	A		100.0

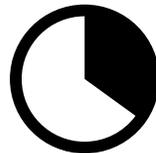
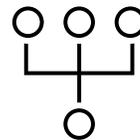
WAS SIE BEI DEN MSA-METHODEN VERMISSEN WERDEN

Ein Eimer voller Antworten, aber keine klare Unterscheidung



- $\%RE = 4,8\%$
- $C_g = 1,37$
- $C_{gk} = 1,29$
- $Bi_{max} = 4,2\%$
- Test auf Sig Bi: signifikant
- Test auf Steigung: nicht signifikant
- Test auf Achsenabschnitt: signifikant
- $\%GRR = 19\%$

Was ist zu verbessern?
Was ist am wichtigsten?



VDA 5

Unterscheidung der Auswirkungen des Messsystems und Messverfahrens

Charakter	Char. Descr.	Type	Error limit value	Distribution factor	s	U	k	u	%U _{up}	Rank	Abzchn
<input checked="" type="checkbox"/>	Auflösung	RE	0.000500	1/√3	---	---	---	0.0000288	---	6*	
<input checked="" type="checkbox"/>	Wiederholbarkeit am Normal	EVR	A								
<input checked="" type="checkbox"/>	Parallelität Messflächen	REST	B								
<input checked="" type="checkbox"/>	MPE Inkrementalmaßstab	REST	B								
<input checked="" type="checkbox"/>	Messsystem	MS	A								
<input checked="" type="checkbox"/>	Vergleichbarkeit Prüfer	AV	A								
<input checked="" type="checkbox"/>	Wiederholbarkeit am Prüfobjekt	EVO	A								
<input type="checkbox"/>	Vergleichbarkeit Vorrichtungen	GV	A								
<input type="checkbox"/>	Stabilität	STAB	A								
<input checked="" type="checkbox"/>	Wechselwirkungen	IAI	A								
<input checked="" type="checkbox"/>	Objekteinfluss	OBJ	B								
<input type="checkbox"/>	Temperatur	T	B								
<input checked="" type="checkbox"/>	Kurzzeit Stabilität	REST	B								
<input checked="" type="checkbox"/>	Messprozess	MP	A								

Measurement system	
Tolerance	T = 0.080
Resolution	%RE = 1.67%
Combined standard uncertainty	u _{MS} = 0.00155
Expanded measurement uncertainty	U _{MS} = 0.00309
Capability ratio limit	Q _{MS,max} = 15.00%
Capability ratio	Q _{MS} = 10.31%
Minimum tolerance	T _{MS,min} = 0.0413
Measurement system capable (%RE,QMS,QMP)	↑
© Vorzeige-Strategie SC -); VDA 5 / ISO 22514-7	
Measurement process	
Combined standard uncertainty	u _{MP} = 0.00215
Expanded measurement uncertainty	U _{MP} = 0.00430
Capability ratio limit	Q _{MP,max} = 30.00%
Capability ratio	Q _{MP} = 14.34%
Minimum tolerance	T _{MP,min} = 0.0287
Measurement process capable (%RE,QMS,QMP)	↑
© Vorzeige-Strategie SC -); VDA 5 / ISO 22514-7	

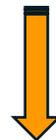
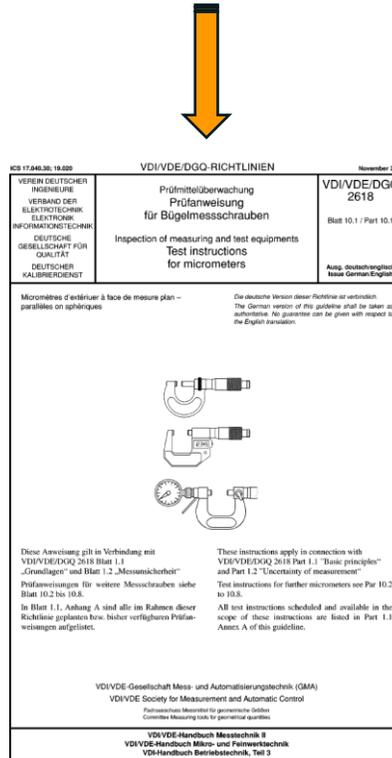
Definierte Verwendung des MPE statt Experiment MS



Keine Methode B!

→ Messungen durchführen!

- $C_g = 1,37$
- $C_{gk} = 1,29$
- $Bi_{max} = 4,2\%$
- Test auf Sig Bi: signifikant
- Test auf Steigung: nicht signifikant
- Test auf Achensabschnitt: signifikant



VDA 5

MPE anstelle von Komponenten verwenden

Auch zur Vorauswahl des Messsystems



Part number	1	Part	Motor shaft								
Characteristic Number	1	Characteristic	Diameter								
Nominal value	8.0000	Unit	mm								
	Calc Tol	LSL	USL								
	0.0090	8.0010	8.0010								
Charact	Char. Descr.	Type	Error limit value	Distribution factor	s	U	k	u	%U _{up}	Rank	Attachment
<input checked="" type="checkbox"/>	Resolution of the measuring system	RE	0.0000500	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	---	---	---	0.0000288	---	---	
<input checked="" type="checkbox"/>	MPE	MPE	---	---	---	---	---	0.000231	14.74	2	
<input checked="" type="checkbox"/>	Measurement system	MS	---	---	---	---	---	0.000231	14.74	---	
<input checked="" type="checkbox"/>	Reproducibility of operators	AV	---	---	0.000	---	---	0.000	---	4*	
<input checked="" type="checkbox"/>	Repeatability on test part	EVO	---	---	0.000196	---	---	0.000196	10.66	3	
<input checked="" type="checkbox"/>	Interactions	IAI	---	---	---	---	---	[pooling]	---	---	
<input checked="" type="checkbox"/>	Test	---	---	---	---	---	---	0.000520	74.60	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	Meas	---	---	---	---	---	---	0.000602	100.0	---	

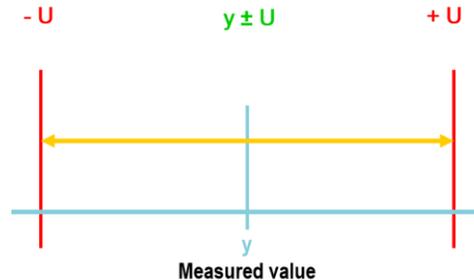
Unsicherheit - die einzig interessante Antwort ;-)



- Keine Unsicherheiten
 - Keine Schutzabstände
 - Keine Konformitätsprüfung
 - Keine Kenntnisse über Präzision und Genauigkeit eines Messwerts

→ Anforderungen nicht erfüllt:

- ISO 10012
- ISO 14253-1 (GPS)
- ISO/IEC Guide 98-4
- JCGM 106
- ...

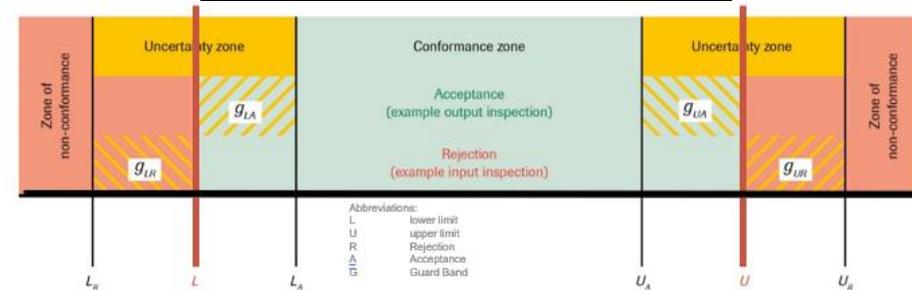


VDA 5

Unsicherheit → Klare Aussage zum wahren Wert
Schutzabstände für Annahme/Ablehnung angegeben
Entspricht den internationalen Normen

Part no.	Part descr.	
Char.No. 1.9	Char.Descr.	Durchmesser (mit motorisch Mir)
Guard band (acceptance)		
Probability of conformity	P_A	= 95.00
Guard band factor (acceptance)	g_A	= 1.645
Guard band (acceptance)	$g_{LA,UA}$	= 0.000934
Upper acceptance limit	U_A	= 8.009
Lower acceptance limit	L_A	= 8.002

Part no.	Part descr.	
Char.No. 1.9	Char.Descr.	Durchmesser (mit motorisch Mir)
Guard band (rejection)		
Probability of non-conformity	P_R	= 95.00
Guard band factor (rejection)	g_R	= 1.645
Guard band (rejection)	$g_{UR,LR}$	= 0.000934
Upper rejection limit	U_R	= 8.011
Lower rejection limit	L_R	= 8.000



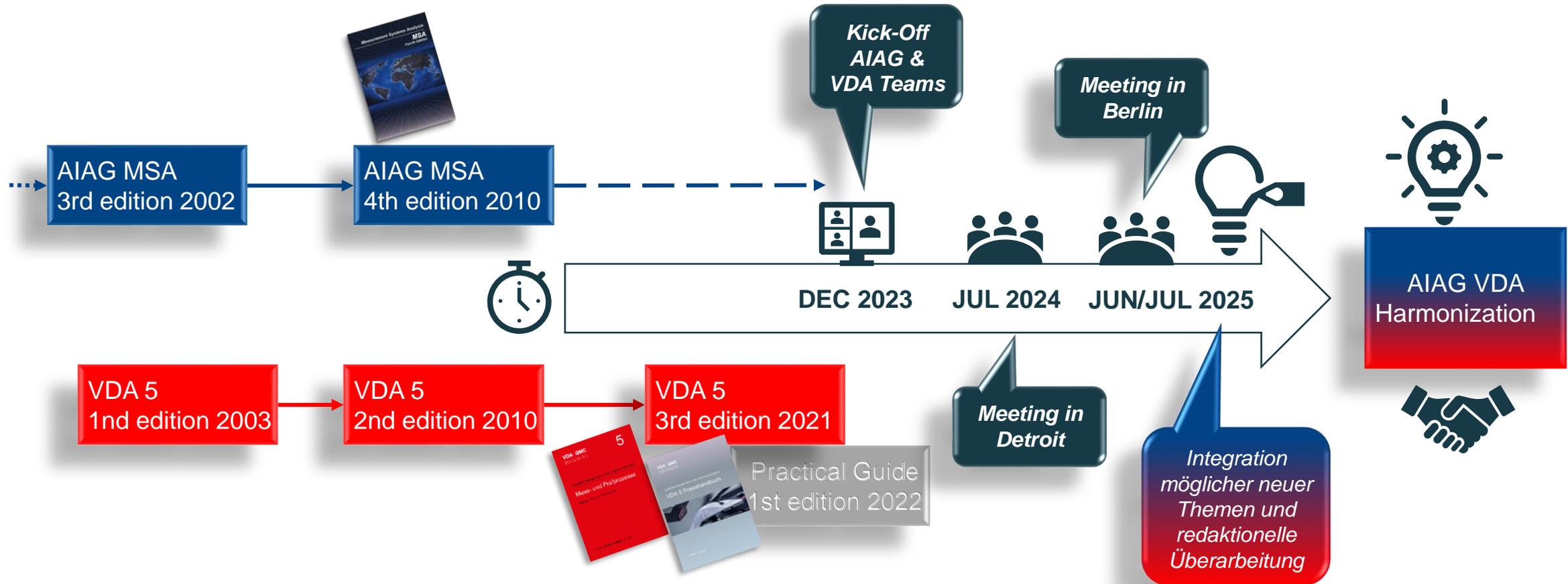
VDA 5 und AIAG MSA - harmonizing the future



- ▶ VDA 5 erfüllt die aktuellen Anforderungen der wichtigsten internationalen Normen
- ▶ VDA 5 gibt eine vollständige Darstellung der Unsicherheiten - MSA konzentriert sich auf einzelne Komponenten
- ▶ Grundlegende Experimente für $Q_{MS}/C_g/C_{gk}$ und $Q_{MP}/\%GRR$ sind weitgehend gleich
→ Ergebnisse können nach Bedarf berechnet werden
- ▶ VDA 5 Experimente können für weitere Informationen erweitert werden
- ▶ Einige wichtige Fragen bleiben durch die MSA unbeantwortet:
Unsicherheit, Unsicherheits-Budget, Eignung des Messprozesses
- ▶ Messprozessmodelle des VDA 5 ermöglichen die Übernahme des MSA-Konzepts
- ▶ Die AIAG hat erklärt, die ISO-Terminologie und Definition zu übernehmen.
- ▶ Harmonisierung ist ein klarer Wunsch und erklärtes Ziel von VDA und AIAG

NÄCHSTE SCHRITTE

VDA 5 and AIAG MSA - harmonizing the future



VDA 5 and AIAG MSA - harmonizing the future

