

VERGLEICH VON MSA UND VDA BAND 5

Wo liegen die Unterschiede?

MSA steht für Measurement System Analysis. Dieses Dokument wurde erstmals 1990 von der Automotive Industry Action Group (AIAG) veröffentlicht. Ein Vergleich der Original-MSA mit dem jüngst vorgelegten VDA Band 5 zur Prüfprozesseignung zeigt: Die Unterschiede liegen im Detail.

Basierend auf der MSA, die mittlerweile in der 4. Ausgabe vorliegt, sind im Laufe der Jahre auch viele Firmenrichtlinien entstanden. Häufig werden diese umgangssprachlich ebenfalls als „MSA“ bezeichnet, weichen aber vom Original ab. Relevante Firmenrichtlinien im Umfeld der Automobilindustrie stammen von Ford, GM, Mercedes, Bosch usw. und haben in diesen Konzernen weltweite Gültigkeit. Diese unterscheiden sich von der MSA der AIAG in einigen Punkten wesentlich.

Alle genannten Firmenrichtlinien bewerten zunächst das Messsystem anhand

der sogenannten C_g - und C_{gk} -Werte, die in der Regel größer als 1,33 sein müssen. Dazu wird ein kalibriertes Referenzteil mit bekanntem Nennwert x_m etwa 20 bis 25 Mal gemessen. Anhand der sich ergebenden Standardabweichung s_g und der Differenz zwischen dem Mittelwert \bar{x}_g und dem Nennwert des Referenzteils x_m werden C_g und C_{gk} berechnet. Als Bezugsgröße wird in den Firmenrichtlinien immer die Toleranz des zu messenden Merkmals herangezogen. Die MSA kennt keine C_g - bzw. C_{gk} -Werte und präferiert als Bezugsgröße die Streuung der für die Untersuchung herangezogenen Teile. Die Toleranz ist als Bezugsgröße auch genannt, aber neben der Prozessstreuung und der vorläufigen Prozessfähigkeit P_p nur eine von vier Möglichkeiten.

Bei dem Vergleich des VDA Band 5 mit der MSA werden daher auch die Kennwerte der Firmenrichtlinien mit betrachtet. Der VDA Band 5 basiert auf der ISO-Norm 22514-7 Measurement Process Ca-

pability, die noch 2011 veröffentlicht wird. Von daher ist davon auszugehen, dass künftig auch bei Audits nach DIN EN ISO 9001 die Eignung von Messprozessen auf dieser Basis, auch außerhalb der Automobilindustrie, nachgewiesen werden muss.

Am Anfang war die Begriffsbestimmung

Auch bezüglich der Begriffe und Definitionen hat die MSA mangels internationaler Normierung Standards gesetzt. So war das erste internationale Wörterbuch der Metrologie (VIM) bereits 1989 erschienen, aber erst in der Ausgabe von 1994 wurden die Begriffe wie Messsystem, Messprozess und Messunsicherheit definiert. Auch der Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen (GUM) ist erst 1995 veröffentlicht worden. Die MSA hat sich zwar im Lauf der vier Ausgaben den Begriffen der internationalen Normie-



rung angenähert, aber grundlegende Begriffe beibehalten, was aufgrund des hohen Verbreitungsgrads mehr als verständlich ist.

Typisches Beispiel ist der Begriff „Messsystem“ selbst. Wie Bild 1 zeigt, steht der Begriff Messsystem im Sinne der MSA nicht im Kontext mit der Begriffsdefinition des VIM. Das Messsystem im Sinne der MSA entspricht dem Messprozess im Sinne der internationalen Normierung. Das VIM kennt zwar auch den Begriff Messsystem. Dieses ist aber ein Unterelement des Messprozesses, das die typischen Einflusskomponenten zusammenfasst, die primär von den Herstellern des Messgeräts beeinflusst werden können. Genau diese separate Betrachtung erreicht man bei Firmenrichtlinien durch die Bestimmung der C_g - und C_{gk} -Werte. Denn unterschreiten diese Kennwerte bereits den geforderten Grenzwert von 1,33, dann ist mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass das Messgerät unter Einbeziehung der Einflusskomponenten, die im realen Einsatz (z. B. in der Fertigung)

hinzukommen, nicht geeignet sein wird. Diese Unterscheidung hat sich in der Praxis als äußerst sinnvoll erwiesen.

Vorgehensweise

Im Prinzip ist die Vorgehensweise zur Beurteilung des verwendeten Messsystems bzw. Messprozesses bei MSA, den Firmenrichtlinien und VDA Band 5 sehr ähnlich: Es werden unter realen Gegebenheiten Untersuchungen durchgeführt, die Messwerte grafisch und numerisch analysiert, Kennwerte bestimmt und diese mit vorgegebenen Grenzwerten verglichen. Anhand dieser Bewertung wird über die Fähigkeit bzw. Eignung entschieden. Der große Unterschied zwischen MSA und VDA Band 5 liegt in der Berechnung der Kennwerte und der Anzahl der betrachteten Einflussgrößen, die beim Messen wirken (können).

Bewertung nach MSA

Bei der MSA wird die Fähigkeit durch Vergleich des ermittelten Gage-Repeatability-and-Reproducibility-Werts (%GR&R, Bild 2) mit den vorgegebenen Grenzwerten

bewertet. Vor dessen Berechnung wird nur noch untersucht, ob die systematische Messabweichung (bzw. die Linearität, soweit vorhanden) ausreichend klein ist. Weiter wird die Anzahl der Datenkategorien anhand der Number of Data Categories ndc bewertet. Dieser Wert muss größer als 5 sein. Diese Betrachtung ist bei den Firmenrichtlinien und bei VDA Band 5 von der Zielsetzung her vergleichbar mit der Forderung, dass die Auflösung kleiner 5 % der Toleranz sein muss (s. Auflösung). Falls der %GR&R-Wert die vorgegebenen Grenzen überschreitet, kann aufgrund des Werts selbst nicht beurteilt werden, wieso es zu dieser Überschreitung kommt. Dazu müssen Zwischenergebnisse herangezogen und ggf. weitere Untersuchungen vorgenommen werden. Dies ist sicherlich ein großer Nachteil der MSA.

Bewertung gemäß VDA Band 5

Beim VDA Band 5 wird jede Komponente des Messprozesses, die Einfluss auf die Messunsicherheit hat, einzeln bewertet. Dazu wird für jede Einflusskomponente die sogenannte Standardunsicherheit u_i ▷

berechnet und daraus für Messsystem und -prozess die erweiterte Messunsicherheit sowie ein Eignungskennwert bestimmt. Dabei kann, in Analogie zu den in den Firmenrichtlinien verwendeten Kennwerten C_g und C_{gk} , das Messsystem separat bewertet werden. Die Einflusskomponenten im Einzelnen (Bild 1):

■ **Auflösung**

Sowohl gemäß Firmenrichtlinie als auch bei der Vorgehensweise nach VDA Band 5 wird zunächst bewertet, ob die Auflösung kleiner als 5% der Toleranz des zu prüfenden Merkmals ist. Ist diese Forderung nicht erfüllt, erfolgt keine weitere Untersuchung, da das Messgerät die Realität nicht ausreichend widerspiegeln würde. Trotz Einhaltung der 5%-Forderung kann es aber vorkommen, dass bei Wiederholungsmessungen immer der gleiche Wert angezeigt wird. In diesem Fall

wird beim VDA Band 5 die Standardunsicherheit aufgrund der Auflösung u_{RE} verwendet.

■ **Unsicherheit Referenzteile**

Die MSA sagt zu dieser Problematik sehr wenig. In Firmenrichtlinien findet man Hinweise, dass die Unsicherheit des Referenzteils (Normal, kalibrierter Einstellmeister etc.) kleiner als 5% der Toleranz sein muss. Gemäß VDA Band 5 wird diese Unsicherheit bei der Bestimmung der erweiterten Messunsicherheit explizit berücksichtigt. Dies ist insbesondere bei der Abnahme von Messsystemen sinnvoll, da sehr häufig Einstellmeister mit großer Unsicherheit verwendet werden. Trifft man bei Wiederholungsmessungen nicht immer die gleiche Messposition, dann erhöht sich die Streuung. Diese Erhöhung ist aber nicht dem Messgerät anzulasten. Ohne die Einbeziehung

der Unsicherheit des Normals führt dies bei Abnahmen immer wieder zu erheblichen Diskussionen zwischen Kunde und Hersteller des Messgeräts, die durch die separate Betrachtung der Unsicherheit des Referenzteils vermieden werden.

■ **Wiederholbarkeit und systematische Messabweichung**

Um diese Unsicherheitseinflüsse zu bewerten, werden an einem kalibrierten Referenzteil mit bekanntem Nennmaß Wiederholungsmessungen durchgeführt und die Messwerte ausgewertet:

Die MSA fordert, dass die Streuung (sprich Standardabweichung) klein sein muss. Wie klein? Darüber gibt es keine konkrete Angabe. Bezüglich der systematischen Messabweichung wird ein t -Test durchgeführt. Liegt die Null außerhalb des errechneten Vertrauens-

Einflussparameter	MSA 4	Firmenrichtlinien	VDA 5 oder ISO/CD 22514-7	Informationsquelle	
Auflösung/ Datenkategorie	$ndc \geq 5$	$\%RE \leq 5\%TOL$	$\%RE \leq 5\%$ und $u_{RE} = \frac{RE}{2\sqrt{3}}$	Anzeige Messgerät	
Unsicherheit Referenzteil	*)	$U \leq 5\%TOL$	$u_{CAL} = \frac{U_{CAL}}{2}$	Kalibrierschein	
Wiederholbarkeit am Referenzteil	klein sein	$C_g \geq 1,33$	$u_{EVR} = s$	Verfahren 1 (V1)	
Systematische Messabweichung	t -Test	$C_{gk} \geq 1,33$	$u_{BI} = \frac{ \bar{x} - x_m }{\sqrt{3}}$	Verfahren 1 (V1)	
Linearität	t -Test	$\%LIN \leq 5\%TOL$	$u_{LIN} = \max\{u_{BI}\}$	V1 an 3 Normalen	
Wiederholbarkeit am Prüfobjekt	Messsystem	EV (ANOVA)	Messprozess	$u_{EVO} = EV(ANOVA)$	Verfahren 2 bzw. 3
Reproduzierbarkeit am Prüfobjekt		AV (ANOVA)		$u_{AV} = AV(ANOVA)$	Verfahren 2 bzw. 3
Unsicherheit Prüfobjekt		Wiederholungsmessungen an gleicher Position		$u_{OBJ} = \frac{TOL}{\sqrt{3}}$ oder $\frac{a}{\sqrt{3}}$	Mit a aus: • Zeichnungen • Erfahrungswerten • Abschätzungen • Versuchen • ähnlichen Messprozessen • Langzeitbeobachtungen • usw.
Temperatur		———— *)		$u_T = \frac{a}{\sqrt{3}}$	
Stabilität		Qualitätsregelkarte		$u_{STAB} = \frac{a}{\sqrt{3}}$ / Qualitätsregelkarte	
Andere		———— *)		u_{REST}	

*) Keine konkreten Angaben bzw. wird bei %GRR nicht berücksichtigt

Bild 1. Die in VDA Band 5 betrachteten Einflusskomponenten und die Berechnung der jeweiligen Standardunsicherheit im Vergleich mit den Bewertungselementen der MSA und der Firmenrichtlinien

bereichs von 95 %, wird die systematische Messabweichung als zu groß bewertet.

In Firmenrichtlinien wird aus den Messwerten der C_g und C_{gk} (s. oben) berechnet. Sind beide Werte größer als 1,33, wird das Messsystem bzgl. Streuung und systematischer Messabweichung als geeignet angesehen.

Gemäß VDA Band 5 werden für beide Einflusskomponenten separat die jeweiligen Standardunsicherheiten u_{EVR} und u_{BJ} bestimmt. Zusammen mit den anderen Einflusskomponenten (Auflösung und Unsicherheit Referenzteil) kann die erweiterte Messunsicherheit des Messsystems U_{MS} und der Eignungskennwert Q_{MS} berechnet (Bild 2) und mit dem empfohlenen Grenzwert von 15 % verglichen werden. Ist diese Forderung eingehalten, wird das Messsystem als geeignet bewertet.

■ **Wiederhol- und Reproduzierbarkeit am Prüfobjekt**

Zu deren Bewertung werden beispielsweise an zehn Prüfobjekten, die über die gesamte Toleranz verteilt sein sollten, von drei Prüfern jeweils zwei Wiederholungsmessungen durchgeführt (andere Kombinationen sind ebenfalls möglich) und die Messwerte

ausgewertet. Sowohl die MSA als auch die meisten Firmenrichtlinien und der VDA Band 5 verwenden dazu die Anova-Methode (Analysis of Variance), um die Streuungskomponenten EV (Equipment Variation) und AV (Appraiser Variation) zu bestimmen. Gemäß MSA und Firmenrichtlinien wird daraus der %GR&R-Wert bestimmt. Im VDA Band 5 werden die beiden Komponenten separat als Standardunsicherheiten u_{EVO} und u_{AV} ausgewiesen.

■ **Formabweichung des Prüfobjekts**

In Analogie zur Unsicherheit des Referenzteils (Normal bzw. Einstellmeister) kann die Formabweichung des Prüfobjekts erheblichen Einfluss auf die Unsicherheit des Messprozesses haben. Daher darf diese bei der Bewertung nicht außer Acht gelassen werden. Während in den ersten beiden MSA-Ausgaben noch empfohlen wird, jedes Prüfobjekt an drei verschiedenen Stellen zu messen, um diese Einflüsse zu ermitteln, wird in den letzten beiden Ausgaben darauf kein Bezug mehr genommen. Der Aufwand ist natürlich immens. Um dieses Thema zu umgehen, wird in der MSA und in Firmenrichtlinien darauf verwiesen, die

Wiederholungsmessung immer an der gleichen Messposition durchzuführen. Dies ist in der Praxis oftmals nicht möglich (typisches Beispiel: automatisierte Messprozesse). Gemäß VDA Band 5 wird zur Bewertung der Formabweichung die Standardunsicherheitskomponente u_{OBJ} bestimmt. Dazu werden mehrere Berechnungsmethoden vorgeschlagen.

■ **Temperatur**

Weder die MSA noch Firmenrichtlinien betrachten das Thema Temperatur ausreichend. Man setzt quasi konstante Temperaturverhältnisse von Prüfobjekt, Messgerät und Umgebung voraus. Im VDA Band 5 werden die Temperatureinflüsse anhand der Standardunsicherheit u_{TEMP} bewertet. Dazu werden mehrere Berechnungsmöglichkeiten vorgeschlagen.

■ **Stabilität**

Die Bewertung des Messsystems bzw. Messprozesses zu einem bestimmten Zeitpunkt ist die Grundlage für dessen Verwendungsentscheid. Es stellt sich aber die Frage: Bleibt der einmal als geeignet befundene Zustand über die Einsatzdauer erhalten oder verändert sich das Messsystem bzw. der

	MSA 4 / Firmenrichtlinien	VDA 5 oder ISO/CD 22514-7
Eignungskennwert	$\%GRR = \frac{\sqrt{EV^2 + AV^2}}{RF} \cdot 100\%$ <p>mit RF = Gesamtsteuerung TV, Prozessteuerung σ, P_p, P_{pk} oder Toleranz TOL; letztere wird insbesondere bei Firmenrichtlinien verwendet</p>	$Q_{MS} = \frac{2 U_{MS}}{TOL} \cdot 100\% \quad Q_{MP} = \frac{2 U_{MP}}{TOL} \cdot 100\%$ <p>mit TOL = Toleranz U_{MS} bzw. $U_{MP} = 2 \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2}$ $i = 1, 2, 3, \dots$ u_i Standardunsicherheit der i-ten Einflusskomponenten für Messsystem bzw. Messprozess</p>
Grenzwerte	$\%GRR \leq 10\%$ geeignet $10\% < \%GRR < 30\%$ bedingt geeignet $30\% \leq \%GRR$ nicht geeignet	Messergebnis $y = x \pm U_{MP}$ $Q_{MS} \leq 15\%$ geeignet $Q_{MP} \leq 30\%$ geeignet
Grafische Bewertung		
Hinweise:	Bei Messwerten an den Spezifikationsgrenzen (U bzw. L) kann es zu Fehlentscheidungen kommen.	Messergebnis y muss innerhalb der Toleranz TOL liegen (siehe DIN EN ISO 14253).

Bild 2. Typische Kennwerte in MSA, Firmenrichtlinien und VDA Band 5

Quellen

- A.I.A.G. – Chrysler Corp., Ford Motor Co., General Motors Corp.: Measurement Systems Analysis, Reference Manual. 4. Auflage, Michigan (USA) 2010
- DIN ISO/IEC Guide 99:2007: Internationales Wörterbuch der Metrologie (VIM). Beuth Verlag, Berlin 2010
- ISO/CD 22514-7: Capability and performance – Part 7: Capability of Measurement Processes. Genf 2011
- VDA Band 5 – Prüfprozesseignung. 2. Auflage, VDA, Berlin 2010
- DIN – Deutsches Institut für Normung: ISO/TS 16949:2009-06 Vornorm: Qualitätsmanagementsysteme – Besondere Anforderungen bei Anwendungen von ISO 9001:2008 für die Serien- und Ersatzteilproduktion in der Automobilindustrie. Beuth Verlag, Berlin 2009
- DIN – Deutsches Institut für Normung: ISO/IEC Guide 98-3 (2008): Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995). Beuth Verlag, Berlin 1999
- Neukirch, C.; Dietrich, E.: Messsystem und Messprozess sind zweierlei. QZ 4 (2011) 56, S. 16–20
- Dietrich, E.: MSA – What's new? QZ 1 (2011) 56, S. 39–41

Autor

Dr.-Ing. Edgar Dietrich, geb. 1951, ist Autor zahlreicher Fachbücher zu den Themen Statistik und Prüfverfahren. Seit 1993 ist er Geschäftsführer der Q-DAS GmbH & Co. KG, Weinheim.

Kontakt

Edgar Dietrich
T 06201 3941-13
edgar.dietrich@q-das.de

www.qm-infocenter.de

Diesen Beitrag finden Sie online unter der Dokumentennummer: **QZ110396**

Messprozess signifikant? Um diesen Zustand zu überwachen, sind in regelmäßigen Abständen Wiederholungsmessungen an einem kalibrierten Referenzteil durchzuführen und die Ergebnisse in einer Qualitätsregelkarte zu dokumentieren. Werden die vorher festgelegten Eingriffsgrenzen verletzt, ist die Fähigkeit bzw. Eignung von Messsystemen bzw. -prozessen neu zu bewerten. Diese Vorgehensweise wird in allen Dokumenten in gleicher Form empfohlen.

■ **Erweiterte Messunsicherheit und Eignungskennwert**

Diese Kennwerte werden nur im VDA Band 5 verwendet. Sowohl die erweiterte Messunsicherheit des Messprozesses U_{MP} als auch der Eignungskennwert Q_{MP} können einfach aus allen vorher bestimmten Standardunsicherheitskomponenten u_i berechnet

werden (Bild 2). Beim Messprozess muss der Eignungskennwert kleiner als 30 % sein. Ist diese Forderung erfüllt, wird der Messprozess als geeignet bezeichnet.

Welches System ist das bessere?

Die Vorteile der MSA liegen eindeutig in deren weltweit hohem Bekanntheitsgrad und der vielfältigen Nutzung der darin beschriebenen Verfahren. Die detaillierte Betrachtung der Einflusskomponenten beim Messprozess und deren Auswirkung auf die erweiterte Messunsicherheit spricht indes für den VDA Band 5. Weiter basiert dieser auf einer ISO-Norm, die künftig für einen höheren Bekanntheitsgrad der Betrachtungsweise beitragen dürfte. Die Zeit wird zeigen, welchem Verfahren in Zukunft eine höhere Bedeutung zukommt. □

► **MSA & CO.**

Geschichte der Beurteilung von Messverfahren

Die erste Ausgabe der MSA stammt von 1990. Erst 13 Jahre später erschien der VDA Band 5. Nahezu zeitgleich wurden 2010 die 4. Ausgabe der MSA und die 2. Ausgabe des VDA Band 5 veröffentlicht. Allein durch die Tatsache, dass die MSA schon über 20 Jahre existiert und zu diesem Themenbereich erst jetzt internationale Normen entstehen, ist die MSA seit Jahrzehnten das Maß der Dinge. Ihr Bekanntheitsgrad stieg in den Neunzigerjahren, als auf Druck der Automobilindustrie die Zulieferer sich ab 1995 nach der QS-9000 (heute ISO/TS 16949) zertifizieren lassen mussten. Dabei werden Fähigkeitsuntersuchungen für die verwendeten Messsysteme gefordert. Wie diese Bewertungen vorzunehmen sind und welche Grenzwerte gelten, zeigt die MSA. Sowohl

die QS-9000 als auch die ISO/TS 16949 verweisen in Detailfragen auf sie. Die deutschen Automobilkonzerne forderten in der Vergangenheit von ihren Zulieferern die Zertifizierung nach VDA 6.x (heute ISO/TS 16949). Dieser Band verweist darauf, dass geeignete Verfahren zur Beurteilung der verwendeten Messverfahren heranzuziehen sind. Da vor 2003 der VDA Band 5 fehlte, wurden auch für diese Untersuchung Firmenrichtlinien, basierend auf der MSA, herangezogen. Nach 2003 standen viele Zulieferer vor der Aufgabe, Eignungsnachweise nach MSA wie auch nach VDA Band 5 durchzuführen, da die deutschen Automobilkonzerne VDA Band 5 als mitgeltende Unterlage in ihre Kunden-Lieferantenbewertungen aufgenommen haben.