



Mess-System-Analyse



Prozessfähigkeit



Regelkarten

Voraussetzung und verwandte Themen

Für diese Beschreibungen sind Grundlagen der Statistik und insbesondere der statistischen Verteilungen vorteilhaft. Weiterführende Themen sind:

www.versuchsmethoden.de/Mess-System-Analyse-diskret.pdf

www.versuchsmethoden.de/Prozessfähigkeit.pdf

www.versuchsmethoden.de/Regelkarten.pdf

Stichworte: MSA – Mess-System-Analyse – Messmittelfähigkeit – Fähigkeitskennwerte – VDA 5 – Wiederholbarkeit - Reproduzierbarkeit - Präzision

Einführung

Als Mess-System-Analyse, kurz MSA, bezeichnet man die Analyse der Fähigkeit von Messmitteln und kompletten Messsystemen. Man unterscheidet generell zwischen den Messunsicherheiten des Messgerätes und den Einflüssen aus der Messprozedur (Handhabung, Prüferinfluss, etc.). Eine MSA wird auch als Messmittel- oder Messgerätefähigkeit bezeichnet.

Ziel und Nutzen

Die MSA ist die Grundvoraussetzung für die Durchführung von Fähigkeitsuntersuchungen. Auch für die Untersuchung von Effekten und deren Nachweis, wird eine genügend gute Messmittelfähigkeit benötigt. Soll beispielsweise eine technische Maßnahme Abgaswerte reduzieren, so muss die Messung in der Lage sein, diese Verbesserung nachweisen zu können.

Bei zu großen systematischen und/oder zufälligen Abweichung eines Messgerätes, sind Korrekturmaßnahmen vorzunehmen, oder das Messverfahren zu ändern.

Grundlagen

Historisch gibt es 3 Verfahren für die Mess-System-Analyse, die heute weitgehend durch die ISO/WD 22514-7 bzw. den VDA Band 5 ersetzt wurden.

Einflüsse				
Wiederholbarkeit		Wiederholpräzision		Reproduzierbarkeit (Vergleichspräzision)
Prüfung am Normal		Prüfung an verschiedenen Teilen		Prüfung an verschiedenen Teilen mit verschiedenen Prüfern
VDA 5	u_{EVR}, u_{BI}	u_{RE}, u_{cal}, u_{lin}	u_{EVO}	$u_{EVO}, u_{AV}, (u_{IA})$
	$Q_{MS} \leq 15\%$		$Q_{MP} \leq 20\%$	$Q_{MP} \leq 20\%$
Bisherige klassische Verfahren	Verfahren 1 $C_g/C_{gk} \geq 1,33$		Verfahren 3 Spannweite $\%R\&R \leq 20\%$	Verfahren 2 Spannweite, Mittelwertdiff. $\%R\&R \leq 20\%$

Hinweis: Im VDA Band 5 ist die Anforderung $Q_{MP} \leq 30\%$, je nach Anwendung ist aber $Q_{MP} \leq 20\%$ zu empfehlen.

Zunächst werden die Grundlagen nach den bisherigen Verfahren 1 – 3 beschrieben.

Verfahren 1

Anhand der Fähigkeitskennwerte C_g und C_{gk} wird entschieden, ob eine Messeinrichtung unter Verwendung eines „Normals“ für den vorgesehenen Einsatz unter Betriebsbedingungen geeignet ist.

Die Messmittelfähigkeit wird auf 20 % der Toleranz T bezogen. Es gilt:

$$C_g = \frac{0,2 \cdot T}{2 \cdot k \cdot s_g} \quad \text{bzw.} \quad C_{gk} = \frac{0,1 \cdot T - |\bar{x}_g - \bar{x}_m|}{k \cdot s_g} \quad \text{mit} \quad \begin{array}{l} \bar{x}_g = \text{angezeigter Mittelwert} \\ \bar{x}_m = \text{wahrer Mittelwert} \\ s_g = \text{Wiederholstandardabweichung} \end{array}$$

$k = 2$ Standard für Vertrauensbereich 95,45 %

$k = 3$ Für Vertrauensbereich 99,73 %, falls es die Anwendung erfordert oder es normative Vorgaben gibt (z.B. Verschraubungstechnik)

In der Regel werden 25 Wiederholungsmessungen durchgeführt. Hieraus wird die Standardabweichung s_g berechnet:

$$s_g = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_g)^2}$$

Die Anforderung ist: $C_g \geq 1,33$ und $C_{gk} \geq 1,33$

Die physikalische und angezeigte Auflösung eines Messgerätes muss 2% der zu messenden Toleranz betragen. In Ausnahmefällen sind bis zu 5% maximal erlaubt.

Verfahren 2

Beim Verfahren 2 wird im Wesentlichen der Bedienereinfluss ermittelt. Hier wird der Kennwert R&R verwendet, um zu beurteilen, ob die Messeinrichtung geeignet ist.

Es werden mindestens 2 Prüfer ($k \geq 2$) festgelegt. Weiterhin erfolgt die Auswahl von mindesten 5 (besser 10) Messobjekten ($n \geq 5$), die möglichst über den Toleranzbereich verteilt sind. Jeder Prüfer muss jedes Messobjekt mindestens zweimal messen ($r \geq 2$).

Weiterhin muss folgende Bedingung erfüllt werden: $k \cdot r \cdot n \geq 30$.

Zur Auswertung wird jeweils der Mittelwert jedes Prüfers \bar{x} und die mittleren Spannweiten \bar{R} berechnet. Danach wird die Wiederholpräzision mit dem Mittelwert aller mittleren Spannweiten bestimmt:

	A	B	C	D	E	F	G
1			A-Prüfer A			B-Prüfer B	
2		Messg. 1	Messg. 2	R1	Messg. 1	Messg. 2	R2
3	1	100,01	99,99	0,02	100	99,99	0,01
4	2	100,01	100,02	0,01	99,99	100,01	0,02
5	3	100,01	100	0,01	100,01	100	0,01
6	4	100,02	100,01	0,01	100,01	100	0,01
7	5	100	100,01	0,01	100	99,99	0,01

$R_1 = \max \text{Diff}(\text{Messg. 1}, \text{Messg. 2}, \dots)$
 $R_2 = \max \text{Diff}(\text{Messg. 1}, \text{Messg. 2}, \dots)$

$\bar{R}_1 = \frac{1}{n} \sum R_{1,i}$ $\bar{R}_2 = \frac{1}{n} \sum R_{2,i}$

Hieraus wird die mittlere Gesamtspannweite berechnet. Für zwei Prüfer gilt:

$$\bar{\bar{R}} = \frac{\bar{R}_1 + \bar{R}_2}{2}$$

Mit Hilfe eines Korrekturfaktors K_1 nach Duncan, siehe /27/, der die Stichprobengröße berücksichtigt, kann nun die „Variation des Gerätes“ (Equipment Variation EV) berechnet werden.

$$EV = K_1 \cdot \bar{\bar{R}} \quad \text{Korrekturfaktor } K_1$$

Anschließend wird der Einfluss des Prüfers berechnet. Hierzu müssen die größten und kleinsten Mittelwerte aller Messreihen der Prüfer bestimmt werden. Der jeweils größte und kleinste Wert wird zur weiteren Bewertung herangezogen.

Mit Hilfe eines weiteren Korrekturfaktors K_2 nach Duncan, siehe /27/, der die Prüferanzahl berücksichtigt, ergibt sich die Variation des Prüferinflusses (Appraiser Variation AV).

$$AV = K_2 \cdot \bar{x}_{\text{Diff}} \quad \text{Korrekturfaktor } K_2$$

$$\bar{x}_{\text{Diff}} = \bar{x}_{\text{max}} - \bar{x}_{\text{min}}$$

\bar{x}_{max} = Mittelwert von dem Prüfer, aus dessen Messreihe der größte Mittelwert errechnet wurde.

\bar{x}_{min} = Mittelwert von dem Prüfer, aus dessen Messreihe der kleinste Mittelwert errechnet wurde.

Hiermit entsteht:

$$R\&R = \sqrt{EV^2 + AV^2} \quad \text{bzw.}$$

$$\%R\&R = R\&R / RF \cdot 100\% \quad \text{mit } RF = \text{Bezugsgröße, meist Toleranz } T \text{ oder Bereich der Teile}$$

Es muss gelten:

$$\%R\&R \leq 20\% \quad (\text{Empfehlung})$$

$$\%R\&R \leq 30\% \quad (\text{Standard})$$

Verfahren 3

Das Verfahren 3 ist ein Sonderfall des Verfahrens 2 und wird bei Messsystemen angewendet, bei denen kein Bedienereinfluss vorliegt (z.B. mechanisierte Messeinrichtung, Prüfautomaten usw.). Die Berechnung erfolgt wie bei Verfahren 2, jedoch mit einem Prüfer. Es muss gelten: $r \cdot n \geq 20$.

Die Methode wird im Gegensatz zu Verfahren 1 auch dann angewendet, wenn die Messdaten nicht normalverteilt sind.

MSA Gage R&R

Die Messsystemanalyse nach MSA 4 /27/ ist dem Berechnungsverfahren, nach Verfahren 2 sehr ähnlich. Die Berechnung der Variation des Gerätes EV ist hier identisch. Beim Einfluss des Prüfers AV wird jedoch ein Anteil von EV abgezogen,

$$AV = \sqrt{\left(K_2 \cdot \bar{x}_{Diff}\right)^2 - \left(EV^2 / (n \cdot r)\right)}$$

was den Einfluss des Prüfers geringer werden lässt. Anstelle des Bezuges auf die Toleranz, kann hier $\%AV$, $\%EV$ und $\%RR$ auch auf die Totalvariation der Bauteile bezogen werden:

$$TV = \sqrt{RR^2 + PV^2}$$

$$PV = R_p \cdot K_3$$

R_p berechnet sich aus den Mittelwerten aller Teile (zeilenweise) und hiervon die größte Differenz. K_3 ist der Korrekturfaktor nach Duncan, siehe /27/, mit Parameter n Messungen (erste Zeile).

$\%R\&R$ ergibt sich somit zu:

$$\%R\&R = \frac{RR}{TV} \cdot 100\%$$

Der Bezug ist hier eine berechnete Teilevariation im Gegensatz zu der möglichen angegebenen RF -Bezugsgröße aus größtem und kleinstem Wert der Teile bei Verfahren 2 u. 3. Analog hierzu gilt TV als Bezug für die anderen Kennwerte. Wird nicht auf die Bauteilvariation, sondern auf eine (Prozess-)Toleranz bezogen, so gilt hier:

$$\%R\&R = RR \cdot \frac{6}{Tol} \cdot 100\% \quad \text{für Vertrauensbereich 99,73\%}$$

$$\%R\&R = RR \cdot \frac{5,152}{Tol} \cdot 100\% \quad \text{für Vertrauensbereich 99\%}$$

Nach MSA Ausg. 4 /27/ bzw. ISO/TS 16949 gilt die Anforderung:

$$\%R\&R (\%GRR) \leq 10\%.$$

Zwischen 10% und 30% gilt das Messsystem noch als bedingt fähig.

Auch hier sind die anderen Kennwerte auf die gleiche Weise umzurechnen. Die Prozentangaben beinhalten hier also einen Bezug auf die statistische Fähigkeit. Dieser ist vor allem für Produktionsprozesse anzuwenden, während die Beobachtungsgrenzen einer DoE-Untersuchung nicht als Toleranzen anzusehen sind, sondern voll erfüllt werden müssen.

Eine Kennzahl zur Beurteilung, wie sich die Variation der Bauteile zur Messunsicherheit verhält, ist die sogenannte „number of distinct categories“ (Anzahl unterscheidbarer Kategorien/Bereiche):

$$ndc = 1,41 \cdot \frac{PV}{RR} \quad ndc \geq 5.$$

ndc wird normalerweise auf eine ganze Zahl abgerundet.

Messsystemanalyse mit ANOVA

Die Einflüsse werden bei der ANOVA nicht über den Range und einem Korrekturfaktor, sondern über eine Streuungszerlegung bestimmt (siehe hierzu auch Kapitel ANOVA). Dabei setzen sich die Einflüsse aus der Variation der Teile, der Prüfer, sowie der Wechselwirkung zwischen diesen zusammen. Der größte Vorteil der ANOVA ist die Berücksichtigung der Wechselwirkung, weshalb dieses Verfahren zu bevorzugen ist.

Um die Einflüsse getrennt beurteilen zu können, zerlegt man die Summe der quadratischen Abweichungen über alle Messwerte in Teilsummen und betrachtet deren Varianzen. Die klassische Darstellung im angelsächsischen Sprachraum ist:

	Degress of Freedom Anzahl Informationen	Sum of Squares	Mean Square Varianz = SS/DF	F-Wert
	DF	SS	MS	F
Teil	9	1,181E-05	1,313E-06	71,7
Prüfer	2	3,640E-07	1,820E-07	9,9
Teil*Prüfer (Wechselw.)	18	3,293E-07	1,830E-08	0,7
Wiederholbarkeit	30	7,700E-07	2,567E-08	
Total	59	1,328E-05		

Die Darstellung der MSA ist:

	Sym.		Sym.	
Wiederholbarkeit	EV	9,080E-04	%EV	18,2
Prüfereinfluss	AV	5,351E-04	%AV	10,7
Wechselwirkung	IA	0,000E-01	%IA	0,0
Teilevariation	PV	2,782E-03	%PV	30,0
Messsystem	RR	1,054E-03	%R&R	21,1

$RR = \sqrt{EV^2 + AV^2 + IA^2}$
 $\%R\&R = \frac{RR}{T} \cdot 100\%$

Zunächst werden Quadratsummen der Tabellendaten horizontal und vertikal gebildet (Sum of Squares). Mit Hilfe der Freiheitsgrade DF entsteht hieraus die Varianz (Mean Square) und die Standardabweichung der Anteile. Ausgegeben wird hiervon der 6-fache Wert, was 99,73% der Teile beinhaltet. Über dem F-Wert als Verhältnis der Varianzen-Summen von Prüfer und Wiederholungen werden die Signifikanzen der Anteile bestimmt (in der Regel über den p-Value).

Bei der Angabe der Beispielzahlen ist zu berücksichtigen, dass zur Verrechnung mit und ohne Wechselwirkungen andere Anteile entstehen.

Die ANOVA-Methode und der gesamte Algorithmus kann unter dem Template [Messsystemanalyse_ANOVA+VDA5.vxg](#) unter *Daten/Programm* eingesehen werden. Die verwendete Nomenklatur entspricht dabei dem Leitfaden zum Fähigkeitsnachweis von Messsystemen /28/.

Messsystemanalyse analog VDA 5

Im Verfahren nach VDA 5 bzw. ISO 22514-7 spricht man von Messunsicherheiten, deren Anteile analog der ANOVA berechnet werden. Hier betrachtet man jedoch nicht die Varianzen, sondern die Standardabweichungen, die über das Symbol u beschrieben werden. Grundsätzlich gilt:

Messprozess = Messunsicherh. Gerät + Messunsicherh. Vorrichtung&Prüfer

Die wichtigsten Messunsicherheiten zeigt folgende Übersicht:

Anteil	Symb.	Berechnung	
Auflösung der Anzeige	u_{RE}	$= RE/\sqrt{12}$	RE Auflösung
Systematische Abweichung	u_{BI}	$= \bar{x}_g - x_m /\sqrt{3}$	\bar{x}_g angez. Mittelw. Normal x_m Referenzwert Normal
Wiederholbarkeit am Normal	u_{EVR}	$= \sqrt{\frac{1}{n_n - 1} \sum (x_i - \bar{x}_g)^2}$	x_i Messw. i-te Wiederh. n_n Anzahl Wiederh.

Hieraus wird der Geräteeinfluss (MS = MessSystem) als Zwischenergebnis gebildet:

$$u_{MS} = \sqrt{u_{BI}^2 + \max\{u_{RE}^2; u_{EVR}^2\}}$$

Der Umfang der Vorrichtung und des Prüfers ist:

Anteil	Symb.	Berechnung	
Wiederholbarkeit Prüfobjekt	u_{EVO}	$= \sqrt{MS_{EV}}$	MS_{EV} Varianz Wiederholbark.
Vergleichbarkeit Prüfer	u_{AV}	$= \sqrt{MS_{AV}}$	MS_{AV} Varianz Prüfer
Wechselwirkung	u_{IA}	$= \sqrt{MS_{IA}}$	MS_{IA} Varianz Wechselwirkg.

Es sind mindestens 10 Messobjekte zu verwenden, die möglichst über den Toleranzbereich verteilt sind. Diese werden von den Prüfern mindestens zweimal vermessen. Analog Gage R&R Verfahren 3 ist auch nur ein Prüfer möglich, wenn die MFU/PFU nur von einem Prüfer durchgeführt wird.

Insgesamt wird der Messprozess bestimmt durch:

$$u_{MP} = \sqrt{u_{BI}^2 + \max\{u_{RE}^2; u_{EVR}^2; u_{EVO}^2\} + u_{AV}^2 + u_{IA}^2}$$

Analog dem %R&R wird hier auf die Toleranz bezogen und es ergibt sich die Kennzahl

$$\%Q_{MP} = 100\% \cdot \frac{k \cdot 2 \cdot u_{MP}}{Tol} \leq 30\% \quad \text{mit } k=2 \text{ für Vertr.bereich } 95,45\%, \text{ bzw. } k=3 \text{ für } 99,73\%$$

In manchen Bereichen wird auch $\%Q_{MP} \leq 20\%$ gefordert. Weitere Messunsicherheiten z.B. Kalibrierung, Linearität, Stabilität, Temperatur, etc. können dem VDA Band 5 entnommen werden und sollen hier nicht berücksichtigt werden.

Verringerung der Messunsicherheit durch Wiederholungen

Für den Fall, dass die Anforderung nicht erreicht wird, aber kein alternatives Messmittel zur Verfügung steht, gibt es die Möglichkeit der Wiederholungen. Durch mehrfache Messungen und Mittelwertbildung kann eine Verringerung der Messunsicherheit erzielt werden. Zufällige Messunsicherheiten lassen sich bei m -Wiederholungen um den Faktor \sqrt{m} verringern. Der Anteil u_{EVO} wird dann zu

$$u_{EVO}^* = \frac{u_{EVO}}{\sqrt{m}}$$

Ist aus bisherigen Messungen u_{EVO} bekannt, so kann in umgekehrter Richtung die notwendige Anzahl Wiederholungen bestimmt werden, um die geforderte Messunsicherheit zu erreichen.

Messmittelfähigkeit für diskrete Merkmale

Eine ausführlichere Beschreibung gibt es unter:

www.versuchsmethoden.de/Mess-System-Analyse-diskret.pdf

Unter diskreten oder attributiven Merkmalen versteht man hier Messungen, die als Ergebnis nur gut oder schlecht kennen (zwei Ausprägungen). Dies ist in vielen Fällen z.B. bei subjektiven Beobachtungen gegeben.

Im Verfahren **Gage R&R für diskrete Merkmale** lässt man mehrere Prüfer jeweils zweimal verschiedene Teile „messen“ durchführen. Das könnten z.B. Messungen an Teilen sein, die entweder intakt, oder fehlerhaft sind. Gibt es innerhalb eines Prüfers, oder zwischen verschiedenen Prüfern Abweichungen, so werde diese gezählt. Das Verhältnis unterschiedlicher Ergebnisse zu der Anzahl Teile soll nicht größer als 10% sein.

In der sogenannten **Cohen's Kappa Methode** lässt man die Prüfer 3mal ein Teil messen (Ergebnis als 0 oder 1). Hier geht es nicht nur um die Abweichungen zwischen den Prüfern, sondern um die Abweichungen zu den tatsächlichen Werten (Referenzmessung als wahrer Zustand der Teile).

Aus dem Verhältnis der Abweichungen zu den Referenzwerten werden Score-Werte gebildet, die gegen die Vertrauensbereiche aus der Binomial-Verteilung zu testen sind. Aufgrund des Bezugs zu einem Referenzwert ist diese Methode aussagekräftiger, als die Methode nach Gage R&R diskret. Weitere Informationen sind der MSA 4 /27/ zu entnehmen.

Im sogenannten **Bowker-Verfahren** können drei Ausprägungen berücksichtigt werden, z.B. gut, schlecht und zusätzlich das Ergebnis „uneinheitlich“. Mindestens 40 verschiedene Prüfobjekte werden von 2 Prüfern je 3mal geprüft. Jedes der 40 Ergebnisse wird in drei Klassen aufgeteilt:

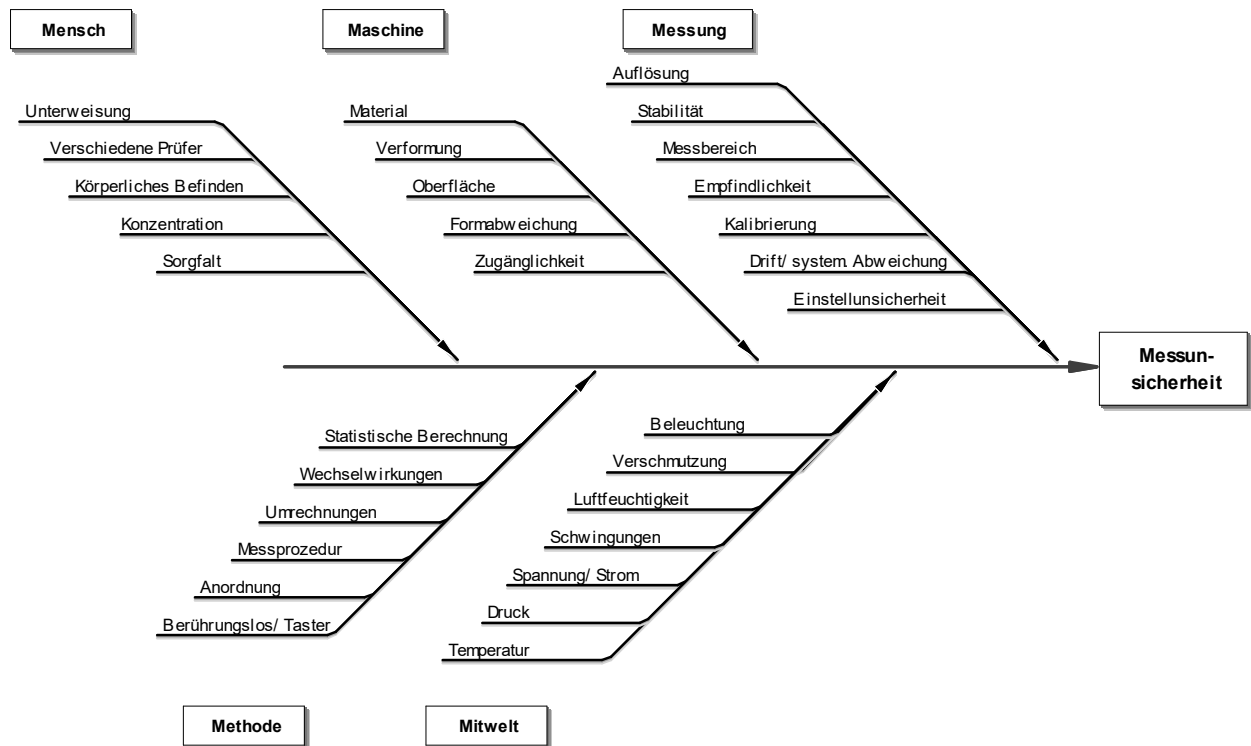
Klasse 1 : alle 3 Wiederholungen ergaben das Ergebnis gut

Klasse 2 : innerhalb der 3 Wiederholungen abweichende Ergebnisse

Klasse 3 : alle 3 Wiederholungen ergaben das Ergebnis schlecht.

Das Ergebnis in Form einer Kreuztabelle wird mit Hilfe der χ^2 -Verteilung auf Symmetrie getestet. Weitere Informationen sind dem VDA-Band 5 /31/ zu entnehmen.

Weitere Einflüsse auf Messunsicherheiten



Auch hier gilt rechnerisch, dass sich weitere Messunsicherheiten (u_{Einfluss}) über das Gaussche Fehlerfortpflanzungsgesetz addieren:

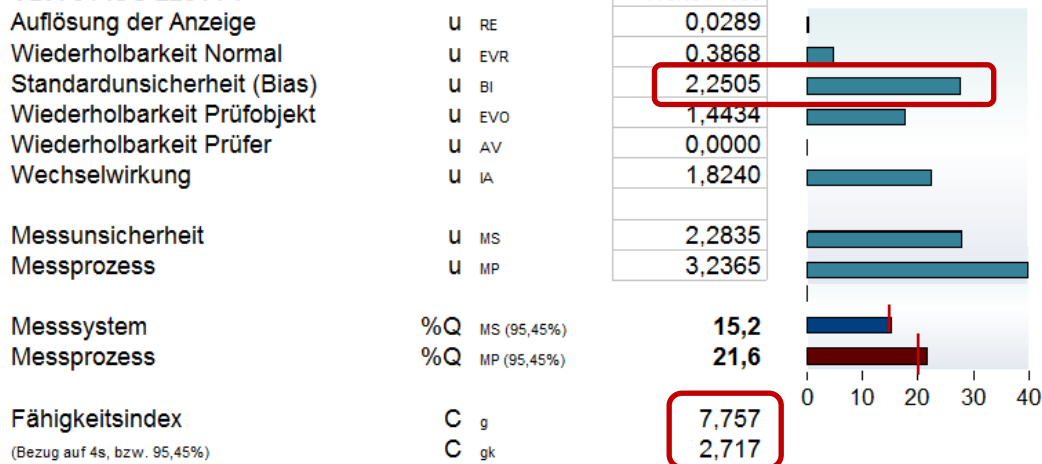
$$u_{MP} = \sqrt{\dots + u_{E1}^2 + u_{E2}^2 + u_{E3}^2 \dots}$$

Insbesondere (Mess-) Aufnahmen (siehe Beispiel aus Nennung im Ishikawa) und deren mögliche Verformungen können einen erheblichen Einfluss auf die Messunsicherheiten haben. Diese sollten soweit wie möglich durch Versuche quantifiziert werden. Ist das nicht möglich, so müssen diese Anteile rechnerisch berücksichtigt werden, z.B. durch Steifigkeitsberechnungen. Weiterhin sind Herstellerangaben zu berücksichtigen, z.B. bei elektronischen Messsensoren.

Beispiel

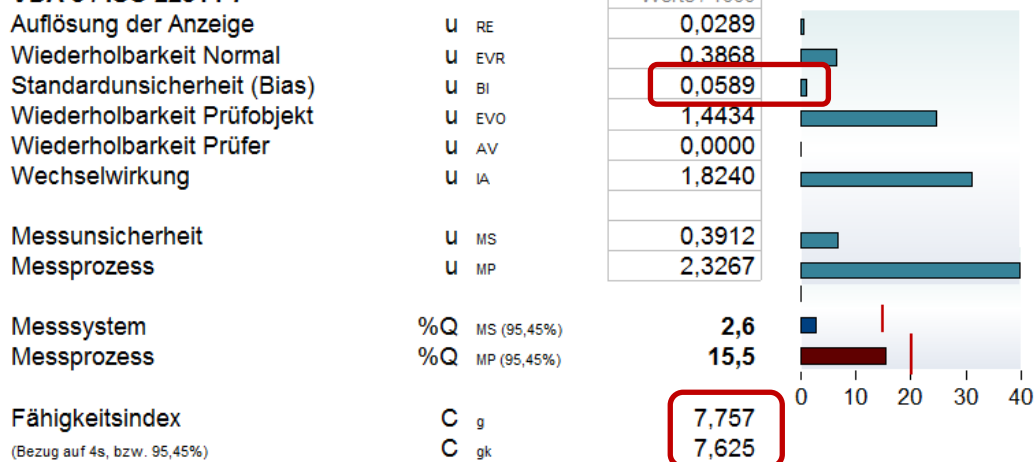
Die folgende Auswertung zeigt eine starke Bias Abweichung. Die macht sich auch im der großen Differenz zwischen C_g und C_{gk} bemerkbar:

VDA 5 / ISO 22514-7



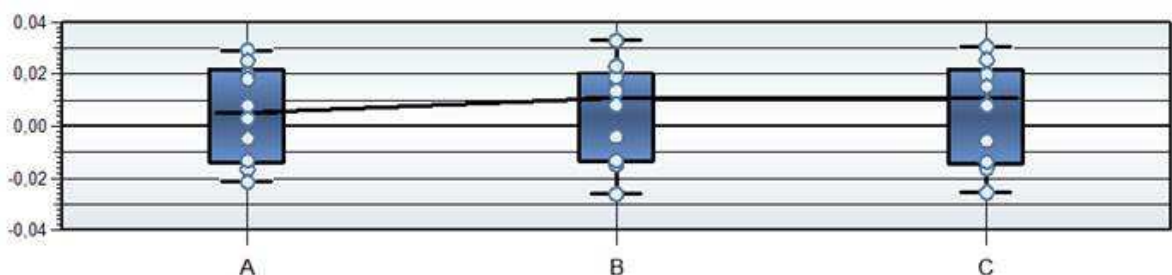
Die Ursache liegt in einer nicht ausreichenden Kalibrierung des Messsystems. D.h. der Mittelwert der Wiederholungen am Normal weicht stark vom Referenzwert des Normals ab. Nach Durchführung der Kalibrierung wurde diese Abweichung fast vollständig reduziert und ergibt sich neu:

VDA 5 / ISO 22514-7



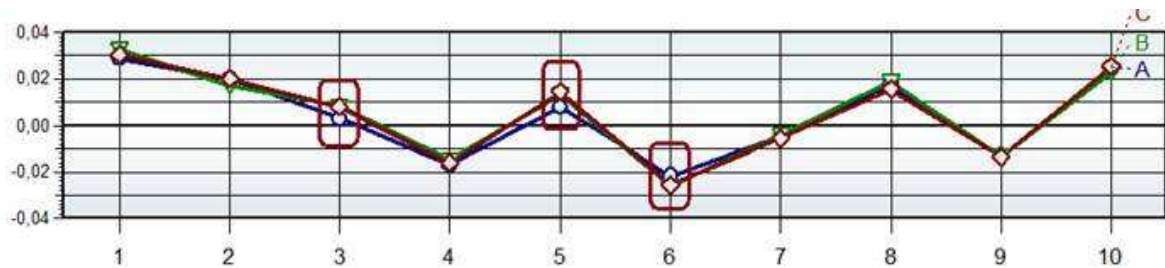
Die Differenz zwischen C_g und C_{gk} ist erheblich gesunken.

Der nächste Punkt ist, dass der Prüfereinfluss $u_{AV} = 0$ ist. Das widerspricht im ersten Moment mit der Grafik der Prüfer, denn hier sieht man, dass Prüfer A im Mittel tiefer liegt.



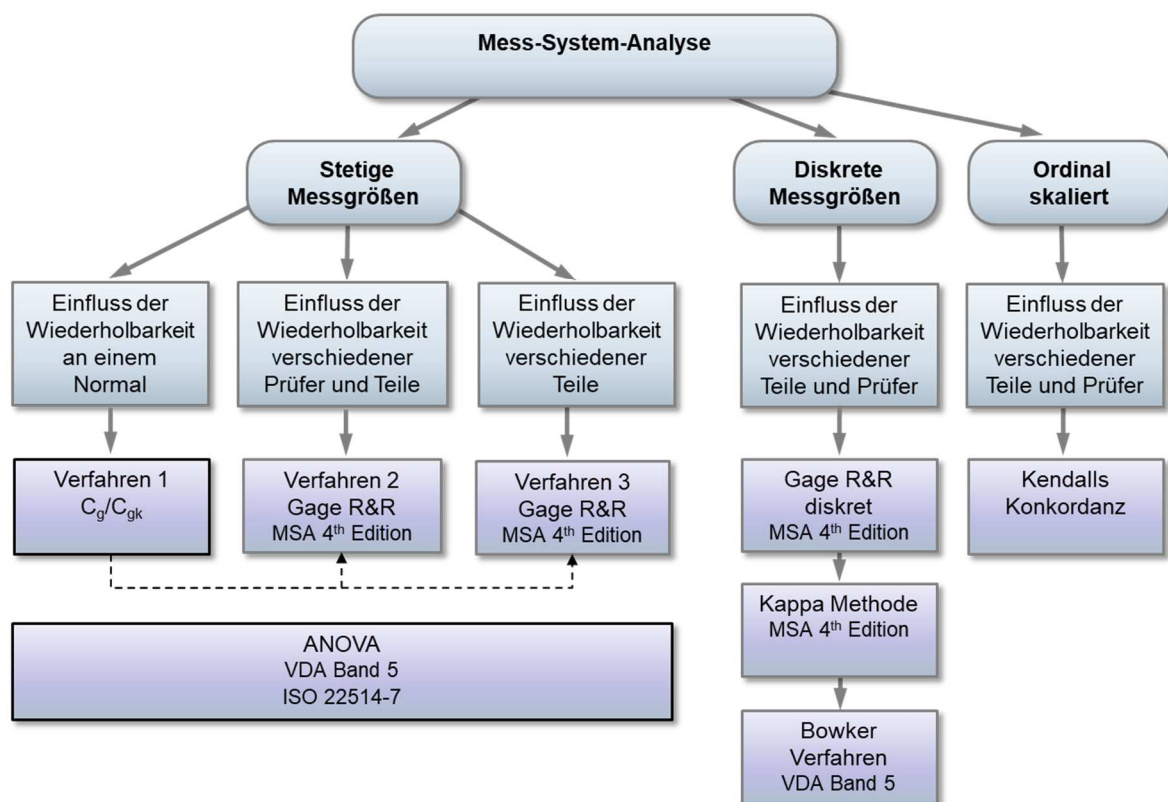
Mess-System-Analyse

In der Tabelle der Auswertung sieht man aber auch, dass es eine starke Wechselwirkung zwischen den Prüfern und den Prüfobjekten gibt. Die folgende Grafik zeigt die Ursache:



Die Abweichung von Prüfer A ist nur bei Teil 3, 5 und 6 gegeben. Die Abweichungen begründen den im Mittel geringeren Mittelwert für A im Boxplot. Da es aber keine gleichmäßige Abweichung über alle Teile von Prüfer A gibt, wird diese durch eine Wechselwirkung erklärt. Es ist zu klären, was Prüfer A aus welchen Grund bei Teil 3, 5 und 6 anders gemacht hat. Eine detaillierte Beschreibung der durchzuführenden Schritte bei der Messung kann hier Abhilfe schaffen.

Auswahlübersicht



Literatur

Measurement System Analysis MSA 4

Fourth Edition 7/2010

ISBN# 978-1-60-534211-5

Leitfaden zum "Fähigkeitnachweis von Messsystemen"

Stand September 2002,

Version 2.1 D/E

Statistische Methoden der Qualitätssicherung

Horst Rinne, Hans-Joachim Mittag

Hanser, München/Wien 2002, ISBN 3-446-15503-1.

Handbuch Qualitätsmanagement

Masing

Hanser, München, ISBN 978-3-446-40752-7

VDA Band 5 Prüfprozesseignung

Verband der Automobilindustrie e.V. VDA – QMC

2. Auflage, Frankfurt 2010, ISSN 0943-9412

Taschenbuch der statistischen Qualitäts- und Zuverlässigkeitsmethoden

Die wichtigsten Methoden und Verfahren für die Praxis.

Beinhaltet statistische Methoden für Versuchsplanung & Datenanalyse, sowie Zuverlässigkeit & Weibull.

- Statistische Verteilungen und Tests & Mischverteilungen
- Six Sigma Einführung und Zyklen
- Systemanalysen Wirkdiagramm, FMEA, FTA, Matrizen-Methoden
- Shainin- und Taguchi-Methoden
- Versuchsplanung DoE, D-Optimal
- Korrelations- und Regressionsverfahren
- Multivariate Datenauswertungen
- Prozessfähigkeit – Messmittelfähigkeit MSA 4 und VDA 5
- Regelkarten
- Toleranzrechnung und Monte-Carlo-Simulation
- Statistische Hypothesentests
- Weibull und Lebensdaueranalysen
- Stichprobengröße

190 Seiten, Ringbuch

ISBN: 978-3-00-043678-9



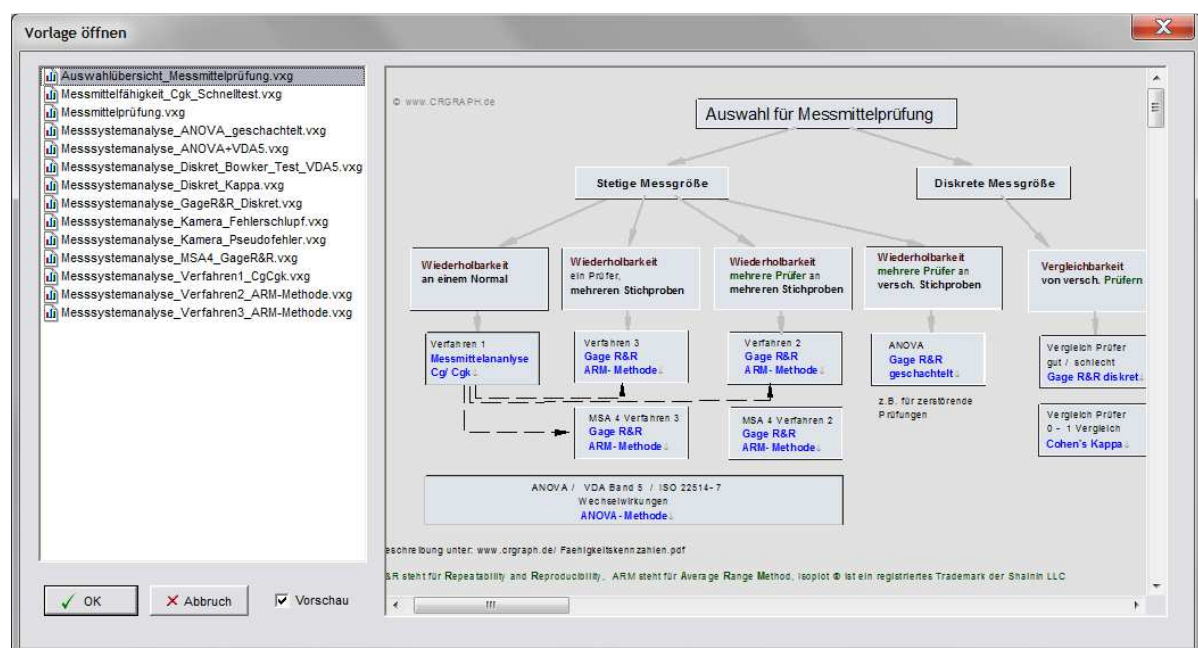
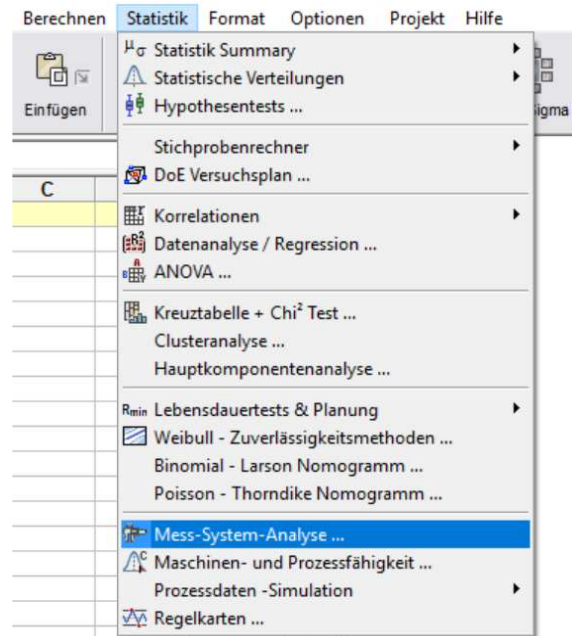


Anwendung in Visual-XSel 15.0 / 16.0

www.crgraph.de

Alle Verfahren und Analysen werden über Templates bereitgestellt. Verwenden Sie nach Start des Programms die Mess-System-Analyse im Startleitfaden, oder den Menüpunkt Statistik.

Man kann zunächst die Übersichtsgrafik öffnen, um dann die benötigte Analyse aus der Grafik mit Strg+Click auszuwählen. Hierzu muss die Datei erst geöffnet werden, eine Auswahl über die Vorschau ist nicht möglich. Natürlich kann man das entsprechende Template auch direkt über die Auswahl links anklicken.



Die Anwendung der Mess-System-Analyse soll am Beispiel der MSA nach VDA-5 erfolgen. Das Vorgehen ist bei allen anderen Verfahren ähnlich.

Nach dem Laden des Templates gibt es die Möglichkeiten Daten, die sich in der Zwischenablage befinden, direkt einzufügen. Verwenden Sie dafür unbedingt den Link innerhalb der Sprechblase!

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	LfdNr	Messung	Teil	Prüfer		Normal 1	Normal 2	Normal 3					
2	1	30,0054	1	A		30,0055				30,0054	Referenzwert Normal 1		
3	2	30,0054	2	A		30,0054					Referenzwert Normal 2		
4	3	30,0054	3	A		30,0054					Referenzwert Normal 3		
5	4	30,0054	4	A		30,0054							
6	5	30,0054	5	A		30,0054							
7	6	30,0054	6	A		30,0054							
8	7	30,0049	7	A		30,0053							
9	8	30,0056	8	A		30,0053							
10	9	30,0054	9	A		30,0054							
11	10	30,0057	10	A		30,0054							
12	11	30,0055	1	A									
13	12	30,0058	2	A									

Löschen Sie die Beispieldaten und geben Ihre Daten in die markierten Felder ein

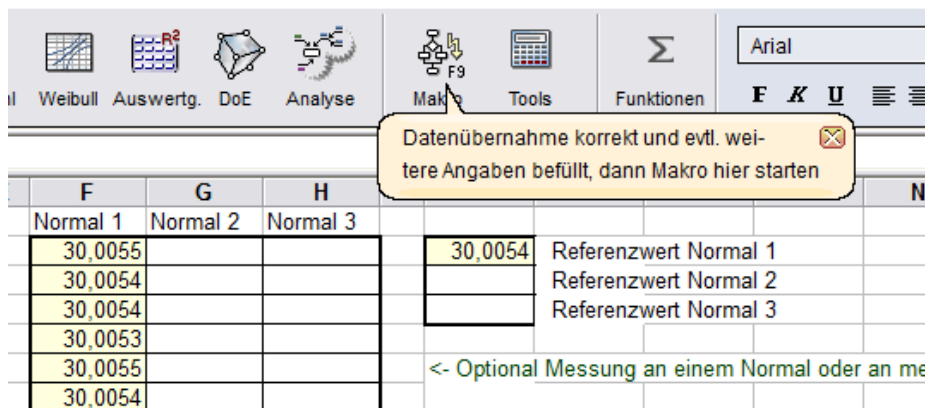
[Löschen](#) [Einfügen](#) [Einf. Spezial](#)

<- Optional Messung an einem Normal

Eingabe weiterer Optionen: RR/Q Bezug in Tabellenseite T2

Die ist natürlich nur möglich, wenn die Daten, zumindest so wie in Spalte B-D vorliegen. Ansonsten sind diese einzeln mit Ctrl-V einzufügen. Dies ist meistens für die Messungen für das Normal ab Spalte F noch nachträglich so zu handhaben.

Nach vollständiger Befüllung der Daten ist das Makro mit F9 zu starten, um die Auswertung durchzuführen. Alternativ kann die entsprechende Taste Makro gedrückt werden:



Es folgen eine Reihe von Abfragen, die wie folgt zu beantworten sind:



Referenzwerte

OSG : 30,0061

USG : 30,0041

Nennwert : 30,0055

Auflösung : 0,0001

OK

Abbrechen

Die Messunsicherheiten für die Kalibrierung und der Linearität können nachträglich in der Tabellenseite T2 eingetragen werden. Die Auswertung ist dann erneut mit F9 zu starten.

Das für die VA relevante Ergebnis befindet sich im Hauptfenster aus Seite 2

11	RR/Q Bezug in s	
12	4,000	4 : 95,45%; 5,152 : 99%; 6 : 99,73%
13		
14	Cg Bezug in s	
15	4,000	4 : 95,45%; 6 : 99,73%
16		
17		
18	Vorgabe %R&R + %Q_MP	
19	20	
20		
21		
22	u cal	
23	0	
24	u lin	
25	0	
26		
27		

T1 T2 T3 T4 T5 T6 H xm P

VDA 5 / ISO 22514-7

Auflösung der Anzeige
Wiederholbarkeit Normal
Standardunsicherheit (Bias)
Wiederholbarkeit Prüfobjekt
Wiederholbarkeit Prüfer
Wechselwirkung

Messunsicherheit
Messprozess

Messsystem
Messprozess

Fähigkeitsindex
(Bezug auf 4s, bzw. 95,45%)

Weitere Anteile (optional)
Kalibrierunsicherheit
Linearität

	U	RE	0,0289
	U	EVR	0,0738
	U	BI	0,0058
	U	EVO	0,1513
	U	AV	0,0892
	U	IA	0,0000
	U	MS	0,0740
	U	MP	0,1758

%Q	MS (95,45%)	14,8
%Q	MP (95,45%)	35,2

C	g	1,355
C	gk	1,287

