

ÜBERARBEITETER VDA BAND 5 – PRÜFPROZESSEIGNUNG

Messsystem und Messprozess sind zweierlei

Die Erarbeitung der DIN EN ISO 14253-1 und deren Veröffentlichung 1999 führten zur Gründung des VDA-Arbeitskreises „Messunsicherheit“ und 2003 zur Veröffentlichung der ersten Auflage des VDA-Band 5 „Prüfprozesseignung“. Nun wurde dieser Band vollständig überarbeitet und steht seit November 2010 als Rotdruck zur Verfügung. Grundsätzlich neu ist die Trennung von Messsystem und Messprozess.

Der neue VDA Band 5 teilt alle Einflusskomponenten eines Messprozesses in zwei Gruppen ein: zum einen die Einflussfaktoren des Messprozesses, die vornehmlich dem Messsystem zugeordnet werden können, zum anderen alle übrigen Einflussfaktoren. Die Einflussfaktoren beider Gruppen zusammen stellen den Messprozess dar. Bild 1 zeigt die typischen Einflussfaktoren

in Form eines Ishikawa-Diagramms. Unten finden sich die Einflusskomponenten des Messsystems, die zusammen mit den restlichen Einflusskomponenten (oben) den Messprozess ergeben. Die Unterscheidung von Messsystem und Messprozess mit der separaten Angabe der erweiterten Messunsicherheit für das Messsystem ist deshalb sinnvoll, weil das Messsystem so weitgehend unabhängig vom Einsatz in der Produktion bewertet werden kann.

Diese Unterteilung hilft Unternehmen beim Aufstellen von Auswahlkriterien. So kann für den jeweiligen Messprozess abgeschätzt werden, ob das Messsystem überhaupt infrage kommt. Und Hersteller von Messsystemen können ohne Kenntnis der jeweiligen Anwendungsfälle die erweiterte Messunsicherheit für ein Messsystem angeben.

Da nicht alle Einflusskomponenten individuell untersucht werden können, wurden diese zu Hauptinflüssen zusammengefasst. Beim Messsystem sind dies die Unsicherheiten aufgrund

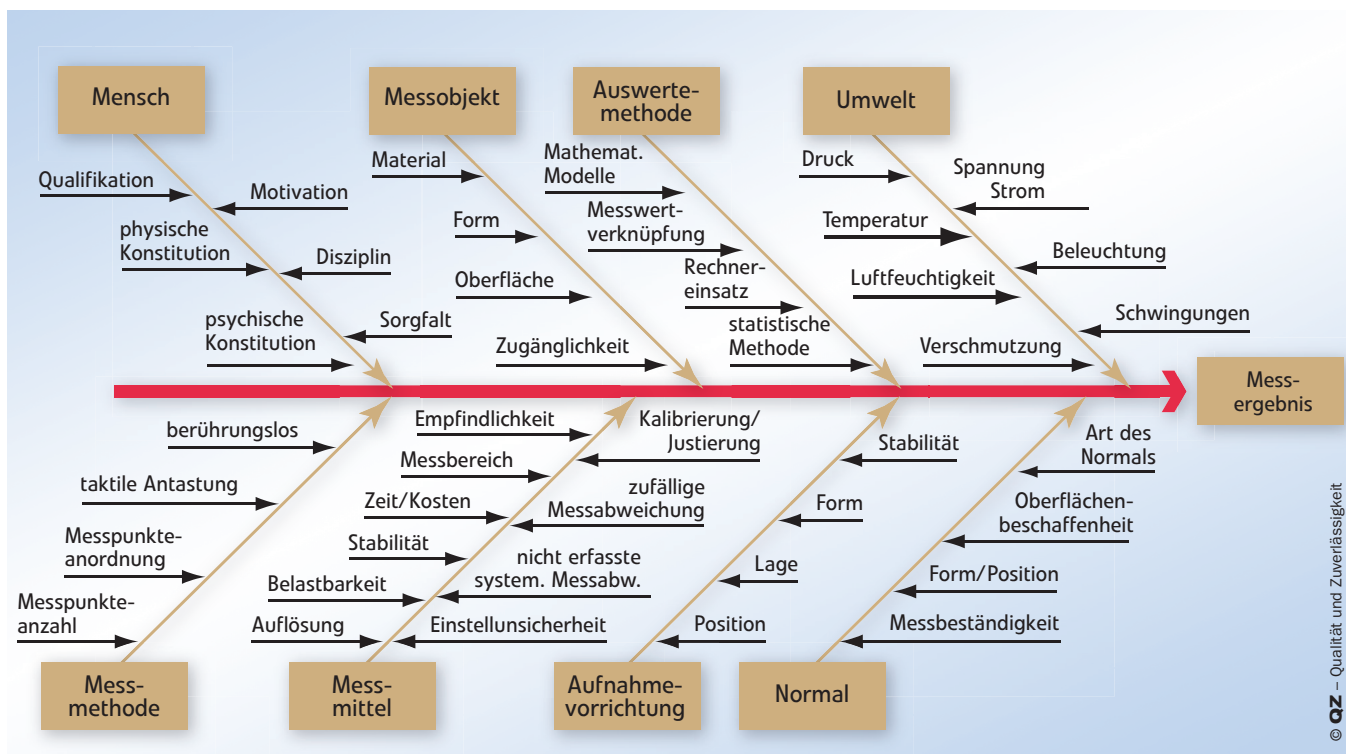
- des Normals,
- der Aufnahmevorrichtung,
- des Messmittels und
- der Messmethode.

Beim Messprozess sind dies die Unsicherheiten infolge

- der Umwelt,
- der Auswertungsmethode,
- des Messobjekts und
- der Bediener.

Entsprechend dieser Unterscheidung wird die erweiterte Messunsicherheit sowohl für das Messsystem U_{MS} als auch für den Messprozess U_{MP} mit den da-





© – Qualität und Zuverlässigkeit

Bild 1. Wichtige Einflüsse auf die Unsicherheit von Messergebnissen

zugehörigen Eignungskennwerten Q_{MS} bzw. Q_{MP} bestimmt. Anhand eines Vergleichs zwischen dem Eignungskennwert und einem vorgegebenen Grenzwert kann für das Messsystem bzw. den Messprozess die jeweilige Eignung festgestellt werden. Darüber hinaus wird als weitere Kenngröße die Berechnung einer minimalen Toleranz sowohl für das Messsystem

$T_{MIN-UMS}$ als auch für den Messprozess $T_{MIN-UMP}$ vorgeschlagen.

Für die zusammengefassten Einflussgrößen kann zur Abschätzung der Auswirkung auf die gesamte Unsicherheit für jede Haupteinflussgröße eine sogenannte Standardunsicherheit berechnet werden. Gemäß GUM erfolgt diese Abschätzung nach Methode A (Durchführung

von Versuchen) oder nach Methode B (vorhandene Information).

Strukturiertes Vorgehen ist empfehlenswert

Mit dem neu aufgelegten VDA Band 5 wird eine strukturierte Vorgehensweise zur Bestimmung der erweiterten Mess- ▷

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/WD 22514-7: Capability and performance – Part 7: Capability of Measurement Processes. Genf 2008
- DIN EN 13005:1999: Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen. Beuth Verlag, Berlin 1999
- DIN ISO 3534-1 bis 3534-3: Statistik – Begriffe und Formelzeichen. Beuth Verlag, Berlin 2006
- DIN EN ISO 14253-1: Prüfung von Werkstücken und Messgeräten durch Messen, Teil 1: Entscheidungsregeln für die Feststellung von Übereinstimmung oder Nichtübereinstimmung mit Spezifikationen. Beuth Verlag, Berlin 1999
- VDA Band 5 – Prüfprozesseignung. 2. Auflage, VDA, Berlin 2010

Arbeitskreis „Messunsicherheit“

BMW Group, Daimler, GKN Driveline, KFMtec Methodenentwicklung, MAN Nutzfahrzeuge, MQS Consulting, Q-DAS, Bosch, Volkswagen.

Autoren

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Christian Neukirch, geb. 1964, ist Beauftragter für neue Technologien in der Abteilung Meisterbock und Cubing und Leiter des DKD-Kalibrierlabors bei der Volkswagen AG, Wolfsburg. Seit 2005 ist er Leiter des Fachausschusses VDA-5 „Prüfprozesseignung“

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, Weinheim

Kontakt

Christian Neukirch
T 05361 9-23411
christian.neukirch@volkswagen.de

www.qm-infocenter.de

Diesen Beitrag finden Sie online unter der Dokumentennummer: **QZ310058**

| Unsicherheitskomponenten | Symbol | Versuch/Modell |
|------------------------------|---------------|---|
| Auflösung der Anzeige | U_{RE} | %RE muss weniger als 5% der Toleranz betragen $U_{RE} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left(\frac{RE}{2} \right) = \frac{1}{\sqrt{12}} RE$ mit der Auflösung RE |
| Kalibrierunsicherheit | U_{CAL} | Aus Kalibrierprotokoll der Normale. Ist im Protokoll die Erweiterte Unsicherheit angegeben, muss diese durch den dazugehörigen Erweiterungsfaktor k dividiert werden: $U_{CAL} = U_{CAL} / k_{CAL}$ |
| Wiederholbarkeit am Normal | U_{EVR} | Je nach Messsystem werden an einem, zwei oder drei Normalen Wiederholungsmessungen durchgeführt. An einem Normal werden in der Regel mindestens 25 Wiederholungsmessungen durchgeführt und aus deren Streuung $U_{EVR=s_g}$ geschätzt. An zwei Normalen werden in der Regel je mindestens 15 Wiederholungsmessungen durchgeführt und aus deren Streuung U_{EVR} geschätzt. Es wird das größere der beiden Ergebnisse verwendet. An drei Normalen werden in der Regel je mindestens 10 Wiederholungsmessungen durchgeführt und aus deren Streuungen U_{EVR} geschätzt. Es wird das größere der Ergebnisse verwendet. |
| Systematische Messabweichung | U_{BI} | Aus den Messwerten bei der Untersuchung der Wiederholbarkeit an Normalen ergibt sich die Standardunsicherheit U_{BI} in Folge der Systematischen Messabweichung aus: $U_{BI} = \frac{ \bar{X}_g - x_m }{\sqrt{3}}$ Bei zwei oder drei Normalen wird jeweils das größere der Ergebnisse verwendet (siehe „Wiederholbarkeit“). |
| Linearitätsabweichung | U_{LIN} | Bei der Linearitätsermittlung wird U_{LIN} mit Hilfe der ANOVA Analyse (Mangel an Anpassung) berechnet. Bei Messsystemen mit linearer Maßverkörperung ist die Linearitätsabweichung dem Prüfzertifikat des Herstellers oder einem Kalibrierschein zu entnehmen. |
| Rest | $U_{MS-REST}$ | Alle weiteren möglichen Einflüsse des Messsystems sind separat, wenn vermutet oder vorhanden, durch Messversuche, aus Tabellen- oder Herstellerangaben zu berücksichtigen. |

Tabelle 1. Bestimmung der erweiterten Messunsicherheit des Messsystems, des Messprozesses und dessen Eignung

unsicherheit vorgeschlagen. Dasselbe gilt für die Definition der Eignungskennwerte von Messsystem bzw. Messprozess:

- Zunächst sollte unbedingt überprüft werden, ob die Auflösung des Messgeräts kleiner als 5 % der Toleranz ist. Ist die Auflösung nicht ausreichend, führt dies zu einer zu gering abgeschätzten Streuung (häufig sogar null). Damit ist keine sinnvolle Beurteilung mehr möglich.
- Ist aufgrund der regelmäßigen Kalibrierung oder einer anderen Untersuchung der MPE (Maximum Permissible Error) eines Messgeräts bekannt, kann dieser zur Bestimmung der erweiterten Messunsicherheit des Messsystems verwendet werden. Dies ist in der Regel bei Standardmessmitteln der Fall. Der MPE sollte allerdings dokumentiert und nachvollziehbar sein. (Diese Vorgehensweise sollte nur in Ausnahmefällen verwendet werden.)

- Ist der MPE nicht bekannt, bieten sich zur Bestimmung der erweiterten Messunsicherheit des Messsystems U_{MS} vorliegende oder neue Untersuchungen gemäß Verfahren 1 (Wiederholungsmessungen am Referenzteil zur Abschätzung der Streuung des Messgeräts bzw. der systematischen Messabweichung) an. Ergänzt durch die Unsicherheit des Normalen und, falls vorhanden, Linearitätsabweichungen, können U_{MS} und der Eignungskennwert Q_{MS} berechnet werden. Letzterer wird mit einem vorgegebenen Grenzwert (der VDA empfiehlt 15 %) verglichen.
- Ist die Forderung erfüllt, kann die Erweiterte Messunsicherheit des Messprozesses U_{MP} bzw. der dazugehörige Eignungskennwert Q_{MP} bestimmt werden. Aus Untersuchungen gemäß Verfahren 2 (Wiederholungsmessung an Prüfbobjekten mit mehreren Bedienern) ergibt sich der bekannte

| Unsicherheitskomponenten | Symbol | Kombinierte Messunsicherheiten | Erweiterte Messunsicherheiten | Eignung Minimale Toleranz |
|---------------------------------------|---------------|---|---|---|
| Kalibrierung Normal | U_{CAL} | $U_{MS} = \sqrt{U_{CAL}^2 + \max\{U_{EVR}^2, U_{RE}^2\} + U_{BI}^2 + U_{LIN}^2 + U_{MS_REST}^2}$ oder $\sqrt{\frac{MPE^2}{3}}$ oder $\sqrt{\frac{MPE_1^2}{3} + \frac{MPE_2^2}{3} + \dots}$ | $U_{MS} = k \cdot U_{MS}$ mit $k=2$ ($P=95\%$) | $Q_{MS} = \frac{2 \cdot U_{MS}}{TOL} \cdot 100\%$ $T_{MIN-UMS} = \frac{2 \cdot U_{MS}}{Q_{MS_max}} \cdot 100\%$ |
| Systemtische Messabweichung | U_{BI} | | | |
| Linearitätsabweichung | U_{LIN} | | | |
| Wiederholbarkeit am Normal | U_{EVR} | | | |
| Rest MS | $U_{MS-REST}$ | | | |
| Grenzwert der Messabweichung | MPE | | | |
| Wiederholbarkeit am Prüfobjekt | U_{EVO} | $U_{MP} = \sqrt{U_{CAL}^2 + \max\{U_{EVR}^2, U_{EVO}^2, U_{RE}^2\} + U_{BI}^2 + U_{LIN}^2 + U_{AV}^2 + U_{GV}^2 + U_{STAB}^2 + U_{OBJ}^2 + U_T^2 + U_{REST}^2 + \sum_i U_{IA}^2}$ | $U_{MP} = k \cdot U_{MP}$ mit $k=2$ ($P=95\%$) | $Q_{MP} = \frac{2 \cdot U_{MP}}{TOL} \cdot 100\%$ $T_{MIN-UMP} = \frac{2 \cdot U_{MP}}{Q_{MP_max}} \cdot 100\%$ |
| Vergleichbarkeit der Bediener | U_{AV} | | | |
| Vergleichbarkeit d. Messvorrichtungen | U_{GV} | | | |
| Vergleichbarkeit Zeitpunkte | U_{STAB} | | | |
| Wechselwirkung(en) | U_{IAj} | | | |
| Inhomogenität Prüfobjekt | U_{OBJ} | | | |
| Auflösung Anzeige | U_{RE} | | | |
| Temperatur | U_T | | | |
| Rest | U_{REST} | | | |

Tabelle 2. Typische Unsicherheitskomponenten eines Messsystems

GRR-Wert (siehe MSA). Zur Berechnung der erweiterten Messunsicher-

heit des Messprozesses U_{MP} kann dieser Kennwert eins zu eins verwendet

werden, da man sich bei der erweiterten Messunsicherheit der glei- ▷

| Unsicherheitskomponenten | Symbol | Versuch/Modell |
|--|------------|---|
| Wiederholbarkeit am Prüfobjekt | U_{EVO} | Minimale Stichprobengröße: 30, |
| Vergleichbarkeit der Bediener | U_{AV} | jeweils mindestens 2 Wiederholmessungen: an mindestens 3 Prüfobjekten, |
| Vergleichbarkeit der Messvorrichtungen (Messstellen) | U_{GV} | für mindestens 2 Bediener (falls relevant), mit mindestens 2 Messvorrichtungen (falls relevant), zu mindestens 2 Zeitpunkten (falls relevant), |
| Vergleichbarkeit unterschiedlicher Zeitpunkte | U_{STAB} | siehe Verfahren 2 MSA [1], Schätzung der Unsicherheitskomponenten mittels Varianzanalyse (ANOVA). |
| Wechselwirkung(en) | U_{IAj} | |
| Inhomogenität des Prüfobjekts | U_{OBJ} | $U_{OBJ} = \frac{a_{OBJ}}{\sqrt{3}}$ mit der max. Formabweichung a_{OBJ} |
| Temperatur | U_T | Der Einfluss der Temperatur kann unterschiedlich bestimmt werden: ■ ISO 14253-2 ■ Unsicherheit mit Korrektur der unterschiedlichen Längenausdehnung ■ Unsicherheit ohne Korrektur der unterschiedlichen Längenausdehnungen |
| Rest | U_{REST} | Alle sonstigen Einflüsse des Messprozesses sind separat zu berücksichtigen. |

Tabelle 3. Typische Unsicherheitskomponenten des Messprozesse

chen Formeln bedient. Zur endgültigen Bestimmung von U_{MP} muss zusätzlich die Unsicherheit aufgrund des Objekteinflusses, der Temperatur, der Langzeitstabilität und ggf. weiterer

bisher nicht betrachteter Einflusskomponenten berücksichtigt werden. Der Vergleich des Eignungskennwerts Q_{MP} mit dem Grenzwert (der VDA empfiehlt 30 %) entscheidet über die

Eignung des Messprozesses.

- Wenn diese Forderungen eingehalten sind, kann der Messprozess als geeignet bewertet werden. Im laufenden Prozess muss nun seine Stabilität bzw. Messbeständigkeit nachgewiesen werden. Treten signifikante Abweichungen auf, ist der Messprozess umgehend neu zu bewerten.

Als äußerst hilfreich hat sich in der Praxis der Kennwert minimale Toleranz sowohl für das Messsystem als auch für den Messprozess erwiesen. Bei der Berechnung des Eignungskennwerts für das Messsystem Q_{MS} wird zwar eine konkrete Toleranz TOL eingesetzt. Geht man aber von einem akzeptierten Grenzwert von x Prozent (im VDA Band 5 werden 15 % vorgeschlagen) aus, kann die Formel so umgestellt werden, dass eine minimale Toleranz $TOL_{MIN-UMS}$ berechnet wird, bei der das Messsystem gerade noch geeignet ist. Das Gleiche gilt für den Messprozess. Hier beträgt der empfohlene Grenzwert 30 %. Daraus ergibt sich die minimale Toleranz $TOL_{MIN-UMP}$, bei der der Messprozess noch geeignet ist.

Mithilfe dieser Kennwerte ist sowohl für das Messsystem als auch für den Messprozess eine Clusterbildung möglich, die eine Übertragbarkeit auf ähnliche oder gleiche Messsysteme bzw. Messprozesse zulässt. Dadurch können oftmals unnötige und aufwendige Untersuchungen entfallen.

Die Bestimmung der erweiterten Messunsicherheiten bzw. der Eignungskennwerte sowohl für das Messsystem als auch für den Messprozess wird in Tabelle 1 dargestellt. Damit reduziert sich das Problem nur auf die Bestimmung der Standardunsicherheitskomponente für die jeweilige Haupteinflusskomponente. Tabelle 2 und Tabelle 3 fassen die Berechnungsmethoden für Messsystem und Messprozess zusammen.

Internationale Beachtung ist zu erwarten

Erste positive Erfahrungsberichte von Eignungsnachweisen, insbesondere durch die Softwareunterstützung, lassen auf eine hohe Akzeptanz bei den Anwendern des Leitfadens schließen. Zusammen mit der neuen Norm ISO 22514-7 dürfte der VDA Band 5 auch international an Bedeutung gewinnen. □

VDA BAND 5

Warum ein überarbeiteter Leitfaden?

Die 2. Auflage des VDA Band 5 enthält eine Reihe von Veränderungen, die der Weiterentwicklung bzw. Internationalisierung der Messverfahren geschuldet sind:

- Einheitliche und an Normen wie ISO 3534 ff bzw. VIM orientierte Begriffe und Definitionen,
- Empfehlung für eine strukturierte Vorgehensweise zur Bestimmung der Erweiterten Messunsicherheit und der Eignungskennwerte,
- Berechnung der Standardunsicherheitskomponente, basierend auf Formeln aus GUM oder ISO/CD 22514-7,
- Einbindung vorhandener Daten aus vorhandenen Untersuchungen gemäß MSA,
- Softwareunterstützung bei der Berechnung der Kennwerte,

- Aufeinander aufbauende Fallbeispiele zum besseren Verständnis des Sachverhalts.

Schulungskonzept: Künftig bietet das VDA QMC eine Qualifizierung zum „VDA-Prüfmittelbeauftragten“ an. Nach erfolgreicher mündlicher und schriftlicher Prüfung erhält jeder Teilnehmer ein Zertifikat. Die Ausbildung umfasst drei Module:

- Basisschulung: „Messtechnik für Neueinsteiger“
- „VDA 5 Prüfprozesseignung“
- „VDA-Prüfmittelüberwachung“

Parallel werden aber auch e-learning-Kurse von der Firma Q-DAS zu den einzelnen Modulen angeboten, welche auch vom VDA QMC anerkannt werden.