

Inhalt

Vorwort	V
1 Prüfprozesseignung	1
1.1 Einführung	1
1.1.1 Warum Prüfprozesseignung?	1
1.2 Historischer Rückblick und Ausblick	9
1.2.1 Entwicklung „Prüfprozessfähigkeit“	10
1.2.2 Entwicklung „Prüfprozesseignung“	12
1.2.3 „Prüfprozess oder Messprozess?“	13
1.3 Anmerkung Autoren zu MSA und VDA 5	14
1.4 Experimentelle Beurteilung	15
2 Definitionen und Begriffe	19
2.1 Prozess	19
2.2 Prüfprozess	19
2.3 Prüfen	20
2.4 Prüfmittel	21
2.5 Messabweichungen und Messunsicherheit	24
2.5.1 Messabweichungen	24
2.5.1.1 Systematische Messabweichungen	25
2.5.1.2 Zufällige Messabweichungen	26
2.5.2 Messergebnis	26
2.5.3 Wiederholpräzision	26
2.5.4 Vergleichspräzision	27
2.5.5 Linearität	28
2.5.6 Stabilität/Messbeständigkeit	30

3	Einflussgrößen auf den Messprozess	31
3.1	Typische Einflussgrößen	31
3.2	Auswirkung der Einflussgrößen beim Messsystem	34
3.3	Bewertung des Messprozesses	37
4	Prüfmittelfähigkeit als Eignungsnachweis für Messprozesse	41
4.1	Grundlegende Verfahren und Vorgehensweise	41
4.2	Beurteilung Messmittel	44
4.2.1	Unsicherheit des Normals/Einstellmeister	44
4.2.2	Einfluss der Auflösung	47
4.2.3	Beurteilung der Systematischen Messabweichung	49
4.2.4	Verfahren 1	52
4.2.5	Qualitätsfähigkeitskenngößen C_g und C_{gk}	56
4.2.6	Verfahren 1 für einseitig begrenzte Merkmale	64
4.2.7	Verfahren 1 für mehrere Merkmale	67
4.2.8	Linearität	68
4.2.8.1	Begriffserklärung „Linearität“	68
4.3	Beurteilung Prüfprozess	78
4.3.1	Spannweitenmethode (Short Range Methode)	78
4.3.2	Verfahren 2: %GRR mit Bedienerinfluss	80
4.3.2.1	Numerische Auswertung der Versuchsdaten	88
4.3.3	Verfahren 3: %GRR ohne Bedienerinfluss	104
4.4	Überprüfung der Messbeständigkeit	107
4.5	Weitere Verfahren	111
	Zu Kapitel 4.5	111
4.5.1	Verfahren 4	112
4.5.2	Verfahren 5	115
4.6	Vorgehensweise nach CNOMO	117
5	Eignungsnachweis von attributiven Prüfprozessen	121
5.1	Lehren	121
5.2	Lehren oder Messen	122
5.3	Voraussetzungen für eine erfolgreiche attributive Prüfung	123
5.4	Untersuchung von attributiven Prüfprozessen „Short Method“	124
5.5	Untersuchung von attributiven Prüfprozessen „Erweiterte Methode“	127
5.5.1	Einleitung	127
5.5.2	Testen von Hypothesen	132
5.5.2.1	Aufbau einer Kreuztabelle für zwei Prüfer	133

5.5.3	Kappa-Koeffizient nach Fleiss	137
5.5.4	Beurteilung der Effektivität eines attributiven Prüfsystems	146
5.5.4.1	Effektivität bei einem Prüfer ohne Referenz-Vergleich ...	147
5.5.4.2	Effektivität bei einem Prüfer mit Referenz-Vergleich	148
5.5.4.3	Effektivität bei allen Prüfern ohne Referenz-Vergleich ..	149
5.5.4.4	Effektivität bei allen Prüfern mit Referenz-Vergleich	150
5.5.5	Methode der Signalerkennung	151
5.5.5.1	Symbol-Erläuterung	151
6	Anmerkungen zur MSA 4th Edition	157
6.1	Begriffsdefinition	157
6.1.1	Separate Betrachtung Messsystem	158
6.1.2	Auflösung Messgerät	158
6.2	Systematische Messabweichung und Linearität	159
6.3	%GRR-Wert das Maß der Dinge	159
6.4	Bezugsgrößen beeinflussen das Ergebnis	160
6.4.1	Teilestreuung	161
6.4.2	Prozess- und Vorläufige Prozessstreuung	161
6.4.3	Die Toleranz als sinnvolle Bezugsgröße	161
6.4.4	Wahrscheinlichkeit 99,73% anstatt 99%	162
6.4.5	Attributive Prüfprozesse	162
6.5	ARM versus ANOVA	162
6.5.1	ARM-Methode	163
6.5.2	ANOVA-Methode	164
6.5.3	Anmerkungen zu EV und AV	165
6.5.4	Wechselwirkung IA	166
6.5.5	Bewertung der ANOVA-Methode	168
6.6	ndc – Number of Distinct Categories	169
6.6.1	Kennwerte TV, PV und GRR	169
6.6.2	Definition ndc-Faktor	170
6.6.3	Bewertung ndc-Faktor in Literatur und Blog	172
7	Erweiterte Messunsicherheit als Eignungsnachweis für Messprozesse	175
7.1	Guide to the expression of Uncertainty in Measurement	175
7.1.1	Grundlagen	175
7.1.2	Zielsetzung und Zweck der GUM	176
7.1.3	Anwendungsbereich	178
7.1.4	Der Inhalt des Leitfadens	179
7.1.5	Definitionen und Begriffe	179

7.2	Ermittlung von Messunsicherheiten	183
7.2.1	Ermittlung der Standardunsicherheit	184
7.2.2	Ermittlung der kombinierten Standardunsicherheit	191
7.2.3	Ermittlung der erweiterten Unsicherheit	193
7.2.4	Protokollierung der Unsicherheit	196
7.2.5	Angabe des Ergebnisses	197
7.3	Beispiel GUM H.1 Endmaß-Kalibrierung	197
7.3.1	Messaufgabe	198
7.3.2	Standardunsicherheiten	198
7.3.2.1	Unsicherheit $u(l_S)$ der Kalibrierung des Normals	199
7.3.2.2	Unsicherheit $u(d)$ der gemessenen Längendifferenz	199
7.3.2.3	Unsicherheit $u(\alpha_S)$ des Wärmeausdehnungskoeffizienten	201
7.3.2.4	Unsicherheit $u(\Theta)$ der Temperaturabweichung des Endmaßes	201
7.3.2.5	Unsicherheit $u(\delta\alpha)$ der Differenz der Ausdehnungs- koeffizienten	202
7.3.2.6	Unsicherheit $u(\delta\Theta)$ der Temperaturdifferenz der Maße ..	202
7.3.2.7	Kombinierte Standardunsicherheit	203
7.4	Kalibrierung eines Gewichtsstückes mit dem Nennwert 10 kg (S2)	206
7.4.1	Messaufgabe	206
7.4.2	Standardunsicherheiten	206
7.4.3	Erweiterte Messunsicherheit und vollständiges Messergebnis ..	210
7.5	Kalibrierung eines Messschiebers	211
7.5.1	Messaufgabe	211
7.5.2	Standardmessunsicherheit (S10.3 – S10.9)	212
7.5.3	Erweiterte Messunsicherheit und vollständiges Messergebnis ..	215
7.6	Interpretation des GUM für Prüfprozesse in der Serienfertigung	217
8	Erweiterte Messunsicherheit nach ISO 22514-7 bzw. VDA 5 ...	219
8.1	Ablaufschema	219
8.1.1	Schematisierte Vorgehensweise	221
8.1.2	Eignung des Messprozesses mit minimaler Toleranz	223
8.1.3	Bestimmung der Standardunsicherheiten	225
8.2	Fallbeispiele Standardunsicherheit	229
8.2.1	Standardunsicherheit u_{CAL}	229
8.2.2	Standardunsicherheit der Auflösung u_{RE}	229
8.2.3	Standardunsicherheit u_{BI}	230
8.2.4	Standardunsicherheit u_{MS} bei Standardmessmittel	232
8.2.5	Standardunsicherheit durch Gerätestreuung am Referenzteil u_{EVR}	233
8.2.6	Standardunsicherheit durch Gerätestreuung am Objekt u_{EVO}	233
8.2.7	Standardunsicherheit durch den Bedienerinfluss u_{AV}	235

8.2.8	Standardunsicherheit durch das Messobjekt u_{OBJ}	235
8.2.9	Standardunsicherheit durch Temperatureinfluss u_{T}	238
8.2.10	Standardunsicherheit durch Linearitätsabweichungen u_{LIN}	242
8.2.11	Standardunsicherheit durch Stabilität u_{STAB}	244
8.3	Mehrfachberücksichtigung von Unsicherheitskomponenten	246
8.4	Bestimmung der erweiterten Messunsicherheit	246
8.5	Berücksichtigung der erweiterten Messunsicherheit an den Spezifikationsgrenzen	247
8.6	Fallbeispiele	248
8.6.1	Längenmessung mit einem Standardmessmittel	248
8.6.1.1	Beurteilung des Messsystems	249
8.6.1.2	Beurteilung und Nachweis der Messprozesseignung	250
8.6.2	Längenmessung mit speziellem Messmittel	256
8.7	Fallbeispiel aus VDA 5	262
8.7.1	Messprozesseignung mit drei Bezugsnormalen	262
8.8	Eignungsnachweis für einen attributiven Prüfprozess mit dem Bowker-Test	266
9	Vergleich Firmenrichtlinien, MSA mit VDA 5 bzw. ISO 22514-7	273
10	Vereinfachte Bestimmung der Messunsicherheit	279
10.1	AIO-Verfahren („All-in-One“-Verfahren)	279
10.1.1	Nachweis der Prüfprozesseignung	279
10.1.2	Bestimmung der erweiterten Messunsicherheit	280
10.1.2.1	Bestimmung der einzelnen Standardunsicherheiten	281
10.2	Fallbeispiele zum Verfahren „All-in-One“	284
10.2.1	Messprozess mit linearer Maßverkörperung	284
10.2.2	Messprozess ohne lineare Maßverkörperung	286
11	Sonderfälle bei der Prüfprozesseignung	289
11.1	Was ist ein Sonderfall?	289
11.2	Typische Sonderfälle	289
12	Umgang mit nicht geeigneten Messprozessen	291
12.1	Vorgehensweise zur Verbesserung von Prüfprozessen	291
13	Typische Fragen zur Prüfprozesseignung	295
13.1	Fragestellung	295
13.2	Antworten	295

14 Eignungsnachweis bei der Sichtprüfung	299
14.1 Anforderungen an die Sichtprüfung	299
14.2 Eignungstest für Sichtprüfer	300
15 Beschaffung von Prüfmitteln	303
15.1 Beispiel für Messaufgabenbeschreibung	304
15.2 Beispiel für Lastenheft	305
16 Eignungsnachweis für Prüfsoftware	307
16.1 Allgemeine Betrachtung	307
16.2 Das Märchen von der „Excel Tabelle“	310
16.3 Testbeispiele zur Prüfmittelfähigkeit	313
17 Anhang	327
17.1 Tabellen	327
17.1.1 d_2^* -Tabelle zur Bestimmung der K-Faktoren u. Freiheitsgrade für t-Werte	327
17.1.2 Eignungsgrenzen gemäß VDA 5	330
17.1.3 k-Faktoren	330
17.2 Auswirkung des Messprozesses auf die Prozessfähigkeit	331
17.3 Modelle der Varianzanalyse	332
17.3.1 Messsystemanalyse – Verfahren 2	332
17.3.2 Messsystemanalyse – Verfahren 3	338
17.4 Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	340
17.5 Formeln	344
17.6 Literaturverzeichnis	346
17.7 Abbildungsverzeichnis	349
17.8 Tabellenverzeichnis	356
Leitfaden zum „Fähigkeitsnachweis von Messsystemen“	359
Musterdokumentation	395
GM Powertrain	395
Bosch	395
Daimler	395
Ford Motor Co.	395
Stichwortverzeichnis	641