

Inhalt

Vorwort	V
Vorwort zur 2. Auflage	VII
Vorwort zur 3. Auflage	VIII
Vorwort zur 4. Auflage	IX
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	24
2.5.1.2 Zufällige Messabweichungen	25
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 Qualitätsfähigkeitskenngrößen 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	77
4.3.1 Spannweitenmethode (Short Method)	77
4.3.2 Verfahren 2: %GRR mit Bedienereinfluss	79
4.3.2.1 Numerische Auswertung der Versuchsdaten	87
4.3.3 Verfahren 3: %GRR ohne Bedienereinfluss	102
4.4 Überprüfung der Messbeständigkeit	105
4.5 Weitere Verfahren	109
4.5.1 Verfahren 4	109
4.5.2 Verfahren 5	112
4.6 Vorgehensweise nach CNOMO	114
5 Eignungsnachweis von attributiven Prüfprozessen	117
5.1 Lehren	117
5.2 Lehren oder Messen	118
5.3 Voraussetzungen für eine erfolgreiche attributive Prüfung	119
5.4 Untersuchung von attributiven Prüfprozessen „Short Method“	120
5.5 Untersuchung von attributiven Prüfprozessen „Erweiterte Methode“	123
5.5.1 Einleitung	123
5.5.2 Testen von Hypothesen	128
5.5.2.1 Aufbau einer Kreuztabelle für zwei Prüfer	129
5.5.3 Kappa-Koeffizient nach Fleiss	133
5.5.4 Beurteilung der Effektivität eines attributiven Prüfsystems	136
5.5.4.1 Effektivität bei einem Prüfer ohne Referenz-Vergleich	137
5.5.4.2 Effektivität bei einem Prüfer mit Referenz-Vergleich	138
5.5.4.3 Effektivität bei allen Prüfern ohne Referenz-Vergleich	139
5.5.4.4 Effektivität bei allen Prüfer mit Referenz-Vergleich	140
5.5.5 Methode der Signalerkennung	141
5.5.5.1 Symbol-Erläuterung	141
6 Anmerkungen zur MSA 4th Edition	147
6.1 Begriffsdefinition	147
6.1.1 Separate Betrachtung Messsystem	148
6.1.2 Auflösung Messgerät	148
6.2 Systematische Messabweichung und Linearität	148

6.3	%GRR-Wert das Maß der Dinge	149
6.4	Bezugsgrößen beeinflussen das Ergebnis	150
6.4.1	Teilestreuung	150
6.4.2	Prozess- und Vorläufige Prozessstreuung	151
6.4.3	Die Toleranz als sinnvolle Bezugsgröße	151
6.4.4	Wahrscheinlichkeit 99,73 % anstatt 99 %	151
6.4.5	Attributive Prüfprozesse	152
7	Erweiterte Messunsicherheit als Eignungsnachweis für Messprozesse	153
7.1	Guide to the expression of Uncertainty in Measurement	153
7.1.1	Grundlagen	153
7.1.2	Zielsetzung und Zweck der GUM	154
7.1.3	Anwendungsbereich	155
7.1.4	Der Inhalt des Leitfadens	157
7.1.5	Definitionen und Begriffe	157
7.2	Ermittlung von Messunsicherheiten	161
7.2.1	Ermittlung der Standardunsicherheit	162
7.2.2	Ermittlung der kombinierten Standardunsicherheit	168
7.2.3	Ermittlung der erweiterten Unsicherheit	170
7.2.4	Protokollierung der Unsicherheit	173
7.2.5	Angabe des Ergebnisses	174
7.3	Beispiel GUM H.1 Endmaß-Kalibrierung	174
7.3.1	Messaufgabe	175
7.3.2	Standardunsicherheiten	175
7.3.2.1	Unsicherheit $u(l_s)$ der Kalibrierung des Normals	176
7.3.2.2	Unsicherheit $u(d)$ der gemessenen Längendifferenz	176
7.3.2.3	Unsicherheit $u(\alpha_s)$ des Wärmeausdehnungskoeffizienten	178
7.3.2.4	Unsicherheit $u(\Theta)$ der Temperaturabweichung des Endmaßes	178
7.3.2.5	Unsicherheit $u(\delta\alpha)$ der Differenz der Ausdehnungskoeffizienten	179
7.3.2.6	Unsicherheit $u(\delta\Theta)$ der Temperaturdifferenz der Maße	179
7.3.2.7	Kombinierte Standardunsicherheit	180
7.4	Kalibrierung eines Gewichtsstückes mit dem Nennwert 10 kg (S2)	183
7.4.1	Messaufgabe	183
7.4.2	Standardunsicherheiten	183
7.4.3	Erweiterte Messunsicherheit und vollständiges Messergebnis	187
7.5	Kalibrierung eines Messschiebers	188
7.5.1	Messaufgabe	188
7.5.2	Standardmessunsicherheit (S10.3 – S10.9)	189
7.5.3	Erweiterte Messunsicherheit und vollständiges Messergebnis	192
7.6	Interpretation des GUM für Prüfprozesse in der Serienfertigung	194
8	Erweiterte Messunsicherheit nach ISO 22514-7 bzw. VDA 5	195
8.1	Ablaufschema	195
8.1.1	Schematisierte Vorgehensweise	197
8.1.2	Eignung des Messprozesses mit minimaler Toleranz	198
8.1.3	Bestimmung der Standardunsicherheiten	200

8.2 Fallbeispiele Standardunsicherheit	205
8.2.1 Standardunsicherheit u_{CAL}	205
8.2.2 Standardunsicherheit der Auflösung u_{RE}	205
8.2.3 Standardunsicherheit u_{BI}	206
8.2.4 Standardunsicherheit u_{MS} bei Standardmessmittel	207
8.2.5 Standardunsicherheit durch Gerätestreuung am Referenzteil u_{EVR}	209
8.2.6 Standardunsicherheit durch Gerätestreuung am Objekt u_{EVO}	209
8.2.7 Standardunsicherheit durch den Bedienereinfluss u_{AV}	211
8.2.8 Standardunsicherheit durch das Messobjekt u_{OBJ}	211
8.2.9 Standardunsicherheit durch Temperatureinfluss u_{T}	214
8.2.10 Standardunsicherheit durch Linearitätsabweichungen u_{LIN}	218
8.3 Mehrfachberücksichtigung von Unsicherheitskomponenten	221
8.4 Bestimmung der Erweiterten Messunsicherheit	221
8.5 Berücksichtigung der erweiterten Messunsicherheit an den Spezifikationsgrenzen	222
8.6 Fallbeispiele	223
8.6.1 Längenmessung mit einem Standardmessmittel	223
8.6.1.1 Beurteilung des Messsystems	224
8.6.1.2 Beurteilung und Nachweis der Messprozesseignung	225
8.6.2 Längenmessung mit speziellem Messmittel	230
8.7 Fallbeispiel aus VDA 5	236
8.7.1 Messprozesseignung mit drei Bezugsnormalen	236
8.8 Eignungsnachweis für einen attributiven Prüfprozess mit dem Bowker-Test	240
9 Vergleich Firmenrichtlinien, MSA mit VDA 5 bzw. ISO 22514-7	247
10 Vereinfachte Bestimmung der Messunsicherheit	253
10.1 AIO-Verfahren („All-in-One“-Verfahren)	253
10.1.1 Nachweis der Prüfprozesseignung	253
10.1.2 Bestimmung der erweiterten Messunsicherheit	253
10.1.2.1 Bestimmung der einzelnen Standardunsicherheiten	254
10.2 Fallbeispiele zum Verfahren „All-in-One“	257
10.2.1 Messprozess mit linearer Maßverkörperung	258
10.2.2 Messprozess ohne lineare Maßverkörperung	260
11 Sonderfälle bei der Prüfprozesseignung	263
11.1 Was ist ein Sonderfall?	263
11.2 Typische Sonderfälle	263
12 Umgang mit nicht geeigneten Messprozessen	265
12.1 Vorgehensweise zur Verbesserung von Prüfprozessen	265
13 Typische Fragen zur Prüfprozesseignung	269
13.1 Fragestellung	269
13.2 Antworten	269

14 Eignungsnachweis bei der Sichtprüfung	273
14.1 Anforderungen an die Sichtprüfung	273
14.2 Eignungstest für Sichtprüfer	274
15 Beschaffung von Prüfmitteln	277
15.1 Beispiel für Messaufgabenbeschreibung	278
15.2 Beispiel für Lastenheft	279
16 Eignungsnachweis für Prüfsoftware	281
16.1 Allgemeine Betrachtung	281
16.2 Das Märchen von der „Excel Tabelle“	284
16.3 Testbeispiele zur Prüfmittelfähigkeit	287
17 Anhang	301
17.1 Tabellen	301
17.1.1 d_2^* -Tabelle zur Bestimmung der K-Faktoren u. Freiheitsgrade für t-Werte	301
17.1.2 Eignungsgrenzen gemäß VDA 5	304
17.1.3 k-Faktoren	304
17.2 Auswirkung des Messprozesses auf die Prozessfähigkeit	305
17.3 Modelle der Varianzanalyse	307
17.3.1 Messsystemanalyse – Verfahren 2	307
17.3.2 Messsystemanalyse – Verfahren 3	312
17.4 Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	314
17.5 Formeln	318
17.6 Literaturverzeichnis	320
17.7 Abbildungsverzeichnis	324
17.8 Tabellenverzeichnis	331
Leitfaden zum „Fähigkeitsnachweis von Messsystemen“	333
Musterdokumentation	367
GM Powertrain	369
Bosch	417
DaimlerChrysler	441
index	495