

Inhalt

Vorwort	05
1 Normen und Richtlinien	15
2 Nutzen und Anwendungsbereich	16
3 Begriffe und Definitionen	20
3.1 Messen und Prüfen	20
3.2 Bewerten und attributiv Prüfen	21
3.3 Häufig verwendete Begriffe	23
4 Prüfprozessmanagement	34
4.1 Aufgaben des Prüfprozessmanagements	35
4.1.1 Absicherung von Prüfergebnissen unter Berücksichtigung der Messunsicherheit nach DIN EN ISO 14253-1 [20]	35
4.1.2 Auswirkung der Messunsicherheit auf den Fertigungsprozess	39
4.2 Rollen und Kompetenzen im Prüfprozessmanagement	40
4.2.1 Rollen im Prüfprozessmanagement	40
4.2.2 Kompetenzen im Prüfprozessmanagement	44
4.3 Risikogerechte Absicherung	47
4.3.1 Vorauswahl von Prüfprozessen für die risikogerechte Absicherung	50
4.3.2 Verfahren der risikogerechten Absicherung	53
4.3.2.1 Kriterien, Folgen und Eintrittswahrscheinlichkeit eines fehlerhaften Prüfentscheids	54
4.3.2.2 Ableiten der Risikoklasse für den individuellen Prüfprozess	55
4.3.2.3 Grad der Absicherung	56
4.3.3 Beanstandungsprozess von Prüfsystemen, Prüfprozessen in der Anwendung	58
4.4 Prüfprozessplanung	59
4.4.1 Ablauf der Prüfprozessplanung	59
4.4.2 Der Beitrag der Prüfprozessplanung im Systems-Engineering-Prozess	67
4.5 Prüfmittelmanagement	71

4.5.1	System zur Prüfmittelverwaltung	72
4.5.2	Kalibrierung von Prüfmitteln	73
4.5.2.1	Interne Kalibrierung	73
4.5.2.2	Externe Kalibrierung	74
4.6	Wirksamkeitsnachweis des Prüfprozessmanagements	76
4.7	Eignungsnachweis von Messprozessen – Allgemein	77
4.7.1	Analyse des Messprozesses und Geltungsbereich des Eignungsnachweises	78
4.7.2	Modellbildung im VDA-Band 5	80
4.7.3	Messsystem- und Messprozesseignung	81
4.7.4	Übertragbarkeit von Eignungsnachweisen	83
4.7.5	Umgang mit nicht erreichter Mess- und Prüfprozesseignung – Allgemeiner Überblick	85
4.7.5.1	Optimierung des Messsystems und Messprozesses	87
4.7.5.2	Risikoanalyse mit bedingter Freigabe	87
4.7.5.3	Verbesserung/Substitution des Fertigungsprozesses	87
4.7.6	Impliziter Eignungsnachweis	88
5	Allgemeiner Ablauf der Mess- und Prüfprozesseignung	89
5.1	Einflüsse auf die Unsicherheit von Messergebnissen	89
5.1.1	Einflussgrößen im Messsystem	91
5.1.1.1	Gegenüberstellung von Referenzarten (Normale, Muster und Referenzteile)	91
5.1.1.2	Messabweichungen	93
5.1.1.3	Aufnahmevorrichtung	95
5.1.1.4	Messmethode, Messverfahren	95
5.1.2	Einflussgrößen im Messprozess	96
5.1.2.1	Mitwelt, Umwelt	96
5.1.2.2	Mensch, Prüfer, Bediener	96
5.1.2.3	Messobjekt, Prüfobjekt	97
5.1.2.4	Auswertemethode	97
5.1.2.5	Kurzzeitstabilität	97
5.1.2.6	Langzeitstabilität (fortlaufende Eignung)	97
5.1.2.7	Vergleichbarkeit von Messsystemen	98
5.2	Phasen der Mess- und Prüfprozesseignung	99
5.3	Standardunsicherheiten	101
5.3.1	Methode A (Experimentelle Ermittlung)	101

5.3.1.1	Betrachtung einer einzelnen Einflussgröße	102
5.3.1.2	Betrachtung mehrerer Einflussgrößen	102
5.3.2	Methode B (Verwendung von Vorinformationen)	103
5.4	Kombinierte Standardunsicherheit	104
5.5	Erweiterte Messunsicherheit	105
5.6	Unsicherheitsbudget	106
5.7	Nachweis der Konformität	108
5.8	Eignungsnachweis des Messprozesses	109
6	Messunsicherheitsermittlung Messprozess	110
6.1	Grundsätzliche Vorgehensweise	110
6.2	Praxisgerechte Ermittlung von typischen Standardunsicherheiten	111
6.3	Einflussgrößen Messsystem	112
6.3.1	<i>MPE</i> Maximale zulässige Abweichung des Messsystems – u_{MPE}	113
6.3.2	Auflösung der Anzeige – u_{RE}	114
6.3.3	Kalibrierunsicherheit des Normal – u_{CAL}	115
6.3.4	Wiederholbarkeit am Normal – u_{EVR}	116
6.3.5	Systematische Messabweichung – u_{BI}	116
6.3.6	Einfluss aus Linearitätsabweichung im Anwendungsbereich – u_{LIN}	117
6.3.6.1	Linearität aus Vorinformation (Methode B)	118
6.3.6.2	Linearität aus Versuch (Methode A)	119
6.3.6.2.1	Einfache Linearitätsanalyse	120
6.3.6.2.2	Linearitätsuntersuchung mit ANOVA [26]	121
6.3.7	Weitere Einflussgrößen Messsystem – $u_{MS.REST}$	122
6.3.8	Bestimmung der Unsicherheiten gemäß „Versuch Messsystem“ (Versuch MS)	122
6.3.8.1	Versuch mit einem Normal bzw. Referenzteil	123
6.3.8.2	Versuch mit 2 Normalen	123
6.3.8.3	Versuch mit 3 und mehr Normalen	124
6.4	Einflussgrößen Messprozess	125
6.4.1	Wiederholbarkeit am Messobjekt – u_{EVO}	125
6.4.2	Vergleichbarkeit der Bediener – u_{AV}	125
6.4.3	Wechselwirkung – $u_{IA,i}$	126
6.4.4	Vergleichbarkeit von Messsystemen – u_{GV}	127
6.4.5	Stabilität des Messprozesses – u_{STAB} (Kurzzeitstabilität)	127
6.4.6	Inhomogenität des Messobjekts – u_{OBJ}	128
6.4.7	Temperatur – u_{TEMP}	130
6.4.7.1	Überlegungen zum Einfluss der Temperatur auf den Messprozess	130

6.4.7.2	Bewertung der Situation	133
6.4.7.3	Methoden zur Bestimmung der Messunsicherheit durch Temperatur	134
6.4.8	Weitere Einflussgrößen Messprozess – $u_{MP.REST}$	135
6.4.9	Bestimmung der Unsicherheiten gemäß „Versuch Messprozess“ (Versuch MP)	136
6.5	Typisches Messunsicherheitsbudget	137
6.6	Übersicht typischer Messprozessmodelle	139
6.7	Vorauswahl Messsysteme	141
6.7.1	Motivation, Anforderungen	141
6.7.2	Informationsquellen zur Ermittlung von wichtigen Spezifikationen von Messmitteln	142
6.7.2.1	Nationale und/oder internationale Normen	142
6.7.2.2	Richtlinien	142
6.7.2.3	Herstellerangaben	143
6.7.3	Kennwerte zur Beurteilung der Auswahl von Mess-/Prüf- und Hilfsmitteln	143
6.7.4	Kategorien von Messmittel und Informationsquellen der Spezifi- kationen/Kennwerte	145
7	Eignungsnachweis des Messprozesses – im Detail	146
7.1	Berechnung von Eignungskennwerten	146
7.1.1	Eignungskennwert Q_{MS} für das Messsystem	146
7.1.2	Eignungskennwert Q_{MP} für den Messprozess	147
7.1.3	Eignungskennwerte Q_{MS} und Q_{MP} bei einseitigen Spezifikations- grenzen	148
7.1.3.1	Berechnung der Eignungsindizes bei einseitigen Spezifikationen	149
7.1.3.2	Berechnung der Eignungsindizes bei einseitigen Spezifikationen mit definiertem Arbeitspunkt	153
7.1.4	Minimal mögliche Toleranz für Messsysteme/Messprozesse	154
7.1.5	Eignung von Messprozessen und Fähigkeit von Fertigungs- prozessen	154
7.2	Bewertung von Eignungskennwerten	157
7.3	Dokumentation und Berichterstellung von Eignungsnachweisen	159
7.3.1	Untersuchungsbericht des Eignungsnachweises	159
7.3.2	Dokumentation der Mess- und Prüfprozesseignung	161
7.4	Umgang mit nicht geeigneten Messsystemen/-prozessen	162
7.4.1	Vorgehensweisen zur Prozessoptimierung	163
7.4.2	Risikoanalyse und bedingte Freigabe	164

7.4.3	Reflexion und ggf. Erweiterung der Grenzwerte	165
7.4.4	Erweiterung der Merkmalstoleranzen	165
7.4.5	Spezielle Strategien	165
7.4.5.1	FT-Regelung für Messprozesse mit kleinen Toleranzen	165
7.4.5.2	Verringerung der Messunsicherheit durch Mehrfachmessung	168
8	Spezielle Messprozesse	170
8.1	Klassierung und Paarung	170
8.2	Validierung von Messsoftware	173
8.3	Nicht ausreichende Stichprobenumfänge bei Versuch MS und MP	174
8.4	Berücksichtigung der Messunsicherheit in der Entwicklung	176
9	Eignungsnachweis von attributiven Prüfprozessen	179
9.1	Risiken des attributiven Prüfens	180
9.2	Eignungsnachweis für attributive Prüfprozesse	181
9.2.1	Attributive Prüfprozesse mit diskretisierten Ergebnissen	182
9.2.2	Attributive Prüfprozesse mit rein diskreten Ergebnissen	183
9.3	Anmerkungen zur Zusammenstellung eines repräsentativen Prüfloses	185
9.4	Anmerkungen zur Zusammenstellung des Prüfloses aufgrund bedingter Wahrscheinlichkeiten	185
9.5	Mögliche Methoden zur Bewertung von attributiven Prüfprozessen	187
9.5.1	Methoden für diskretisierte Merkmale	187
9.5.1.1	Methode der Signalerkennung	187
9.5.1.2	Analytische Methode	191
9.5.2	Methoden für diskrete Merkmale	193
9.5.2.1	Short Method	193
9.5.2.2	Effektivität	194
9.5.2.3	Bowker-Test	196
9.5.2.4	Kappa-Methode nach Cohen und Fleiss [28]	199
9.5.2.5	Konkordanz-Koeffizient W nach Kendall [39; 40]	201
10	Beurteilung der fortlaufenden Eignung	204
10.1	Methoden zur fortlaufenden Eignung	205
10.2	Allgemeine Hinweise zur Planung, Durchführung und Dokumentation	206

10.3	Anwendung einer Stabilitätskarte (Regelkarte)	207
10.4	Berücksichtigung im Unsicherheitsbudget	212
11	Verzeichnis der Formelzeichen	213
12	Abkürzungsverzeichnis	218
13	Downloads	219
14	Literaturverzeichnis	220
15	Index	226
16	Abbildungsverzeichnis	230
17	Tabellenverzeichnis	233