

Inhaltsverzeichnis

0 Allgemeines	1
1 Maß- und Toleranzanforderungen	5
1.1 Herstell- und Montierbarkeit.....	5
1.2 Qualitätsgerechte Gestaltung	6
1.2.1 Austauschgerechte Auslegung	6
1.2.2 Solleigenschaften von Bauteilen	7
1.2.3 Qualitäts- und prozessfähige Toleranzen	8
1.2.4 Statistische Prozessregelung.....	11
1.2.5 Prüfanforderungen.....	12
1.3 Kostenentwicklung	13
1.4 Formteil-Qualität.....	16
2 Fertigungs- und anwendungsbedingte Maßgenauigkeiten	19
3 Eigenschaften von Kunststoffen.....	22
4 Maßabweichungen bei der Herstellung.....	32
4.1 Maßbildung beim Urformen	32
4.2 Erreichbare Genauigkeiten beim Pressen, Prägen und Gießen.....	34
4.3 Allgemeintoleranzen und Urformen	37
4.4 Formteilgestalt	37
4.5 Erreichbare Genauigkeit beim Extrudieren	38
4.6 Maßbildung beim Umformen	39
4.7 Maßbildung bei spanender Bearbeitung	40
5 Maßtoleranzen für formgebende Werkzeuge.....	44
5.1 Toleranzzuordnung	44
5.2 Abstimmungsprobleme	46
6 Fertigungs- und anwendungsbedingte Maßabweichungen	51
6.1 Anwendungsebenen	51
6.2 Toleranzabstimmung.....	55
6.3 Passungen.....	56
6.4 Anwendungstoleranz	57
6.4.1 Kunststoff-Gleitlager.....	58
6.4.2 Kunststoff-Zahnräder	60
7 Maße und Toleranzen für Fertigteile aus Gummi	61
7.1 Herstelltoleranzen für Formteile	61
7.1.1 Toleranzklassen.....	61
7.1.2 Grenzabmaße	63
7.2 Herstelltoleranzen für Extrusionsteile	63
7.3 Herstelltoleranzen für Kalandrierte Bahnen	64
7.4 Herstellbare Form- und Lagetoleranzen	64
7.4.1 Ebenheitstoleranz	64
7.4.2 Parallelitätstoleranz	65
7.4.3 Rechtwinkligkeitstoleranz	66
7.4.4 Koaxialitätstoleranz	67
7.5 Funktionstoleranzen.....	68

8 Geometrische Produktspezifizierung	70
8.1 Entstehung von Maß- und Geometrieabweichungen.....	70
8.2 Vereinbarungen zur Maßtolerierung.....	71
8.3 Theoretisch genaues Maß	72
8.4 Geometrietoleranzen	73
8.5 Minimum-Bedingung.....	75
8.6 Stufenmaße	78
8.7 Zeichnungseintragung.....	79
8.7.1 Angabe von Maßen in einer Zeichnung	79
8.7.2 Beschreibung der Angaben am tolerierten Element.....	80
8.8 Festlegung der Toleranzzone	81
8.8.1 Zuweisung der Toleranzzone	81
8.8.2 Gemeinsame Toleranzzone	83
8.8.3 Begrenzung der Toleranzzone.....	84
8.8.4 Projizierte Toleranzzone.....	85
8.9 Bildung von Bezügen.....	87
8.9.1 Grundlagen	87
8.9.2 Bezugselemente.....	88
8.9.2.1 Hüllbedingung	88
8.9.2.2 Mittelachsen als Bezüge.....	89
8.10 Zeichnungseintragung von Bezügen.....	90
8.10.1 Mehrere Bezugselemente	91
8.10.2 Bezug aus mehreren Bezugsfächlen.....	93
8.10.3 Bezugstellenangaben	93
8.11 Bildung von Bezugssystemen	95
8.12 Referenzierung von Längen- und Winkelmaßen	98
9 Tolerierungsprinzipien	100
9.1 Anforderungen an Zeichnungen	100
9.2 Funktionsbeschreibung	100
9.2.1 Maximum-Material-Zustand/MMC	101
9.2.2 Maximum-Material-Maß.....	101
9.2.3 Minimum-Material-Zustand/LMC	101
9.2.4 Minimum-Material-Maß	101
9.2.5 Material-Bedingungen.....	101
9.2.6 Wirksames Maximum-Material-Maß.....	102
9.3 Der Taylor'sche Prüfgrundsatz	102
9.4 Unabhängigkeitsprinzip	104
9.5 Hüllprinzip	107
9.6 Maximum-Material-Bedingung	118
9.6.1 Beschreibung der Maximum-Material-Bedingung	118
9.6.2 Eingrenzung der Anwendung.....	122
9.6.2.1 Hüllbedingung	123
9.6.2.2 Wirkung der Hülle im Tolerierungsgrundsatz.....	124
9.6.3 Prüfung der Maximum-Material-Bedingung.....	127
9.6.4 Tolerierung mit dem Toleranzwert „0“	129
9.6.5 Festlegung von Prüflehren.....	130
9.7 Minimum-Material-Bedingung.....	133
9.7.1 Anwendung	136
9.8 Reziprozitätsbedingung.....	136
9.9 Passungsfunktionalität	139

10 Maß-, Form- und Lagetoleranzen.....	142
10.1 Bedeutung für die Herstellung	142
10.2 Toleranzbegrenzungen	142
10.3 Angabe der Toleranzzonen	142
10.4 Formtoleranzen	144
10.4.1 Geraidheit	144
10.4.2 Ebenheit	146
10.4.3 Rundheit	148
10.4.4 Zylinderform	150
10.5 Profilformtoleranzen	152
10.5.1 Linienformprofil	152
10.5.2 Flächenformprofil	154
10.6 Lagetoleranzen	156
10.6.1 Richtungstoleranzen	156
10.6.1.1 Neigung	157
10.6.1.2 Parallelität	159
10.6.1.3 Rechtwinkligkeit	161
10.6.2 Orts toleranzen	162
10.6.2.1 Position	163
10.6.2.2 Konzentrität bzw. Koaxialität	168
10.6.2.3 Symmetrie	170
10.6.3 Lauftoleranzen	171
10.6.3.1 Rundlauf	171
10.6.3.2 Gesamlauf	173
10.6.4 Gewinde	174
10.6.5 Freiformgeometrien	175
10.7 Tolerierung von Längenmaßen	175
11 Toleranzverknüpfung durch Maßketten.....	185
11.1 Entstehung von Maßketten	185
11.2 Bedeutung des Schließmaßes und der Schließtoleranz	185
11.2.1 Vorgehen bei der Untersuchung von Toleranzketten	186
11.3 Berechnung von Toleranzketten	186
11.3.1 Worst Case	186
11.3.2 Arithmetische Berechnung	187
11.3.3 Vorgehensweise	188
11.3.4 Bestimmung der Extremwerte von Kreisquerschnitten	192
11.3.5 Maßkette mit „ebenen“ Maßen	193
11.4 Form- und Lagetoleranzen in Maßketten	194
11.5 Statistische Tolerierung	198
11.5.1 Erweiterter Ansatz	198
11.5.2 Mathematische Grundlagen	199
11.5.2.1 Beispiel zur statistischen Tolerierung	204
12 Festlegung und Interpretation von Form- und Lagetoleranzen.....	211
12.1 Festlegung von Form- und Lagetoleranzen	211
12.2 Interpretation von Toleranzen	217
13 Temperaturabhängigkeit der geometrischen Eigenschaften	225
13.1 Wärmedehnung	225
13.2 Übertragung auf Passmaße	226
13.3 Simulation an einer Spielpassung	227
13.4 Grenztemperatur	230

14 Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit	232
14.1 Technische Oberflächen.....	232
14.2 Herstellbare Oberflächenrauheiten	234
14.3 Symbolik für die Oberflächenbeschaffenheit	236
14.1.1 Oberflächencharakterisierung	238
14.3.1 Filter und Übertragungscharakteristik.....	241
14.3.2 Definition der Oberflächenkenngrößen.....	243
14.3.3 Zeichnungsangaben für Oberflächen.....	248
14.3.4 Zeichnungsangaben für Oberflächenrillen	250
15 Unterschiede zwischen ISO und ASME	252
15.1 ASME-Standard	252
15.2 Symbole und Zeichen	252
15.2.1 Maßeintragung.....	252
15.2.2 Unterschied zwischen Millimeter und Inch-Bemaßung in ASME.....	253
15.2.3 Eintragung von Toleranzen	254
15.3 Besonderheiten der Maßangabe in ASME	255
15.3.1 Radientolerierung	255
15.3.2 Begrenzende Toleranzangaben.....	256
15.3.3 Darstellung von Bohrungen und Senkungen.....	257
15.3.4 Kennzeichnung statistischer Toleranzen	258
15.3.5 Tolerierung einer Tangentenebene	258
15.4 Tolerierungsprinzipien	259
15.4.1 Bedeutung.....	259
15.5 Definition der Materialprinzipien in ASME	261
15.5.1 Struktur der Toleranzprinzipien	261
15.5.2 Unterschiede in der Begriffsdefinition	262
15.5.3 Anwendung einer Materialbedingung	263
15.6 Form- und Lagetoleranzen.....	263
15.6.1 Ebenheitstolerierung bzw. Koplanarität	264
15.6.2 Profil- und Positionstolerierung	265
15.6.3 Mehrfachtoleranzrahmen	265
15.6.4 Profiltoleranzen	269
16 Prozessspezifikationen der Urformtechnik.....	272
16.1 Technologische Restriktionen.....	272
16.2 Teilungsebene und Auswerfer	272
16.3 Werkzeugspuren	273
16.4 Versatz	274
16.5 Gratlippe	276
16.6 Formschrägen	277
16.7 Maßanalyse	282
17 Geometrische Produktspezifikation/GPS.....	283
17.1 Konzeption	283
17.2 Normenkette	285
18 Erfahrungswerte für Form- und Lagetoleranzen	288
19 Übungen zur Zeichnungseintragung	290
19.1 Form- und Lagetoleranzen in Zeichnungen	290
19.2 Eintragung von Formtoleranzen	290
19.3 Eintragung von Profiltoleranzen	293

19.4 Eintragung von Lagetoleranzen	295
19.4.1 Richtungstoleranzen	295
19.4.2 Ortstoleranzen	299
19.5 Eintragung von Bezügen.....	301
19.6 Oberflächensymbole in technischen Zeichnungen	307
20 Normgerechte Anwendungsbeispiele.....	314
21 Fallbeispiele.....	328
22 Literaturverzeichnis.....	342
23 Sachwortverzeichnis.....	345