

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 Maßungenaugigkeiten	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 Formteilstgestalt	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 Bezugsflächen.....	93
8.10.3 Bezugsstellenangaben	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 Geradheit	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 Ortstoleranzen	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 Gesamtlauf.....	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 Gratrippe	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