

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

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 Soleigenschaften 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 Formteilmgestalt	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 Maßbezugsebenen	51
6.2 Toleranzabstimmung	56
6.3 Passungen	56
6.4 Anwendungstoleranzen	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 exaktes 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	Kanten und Flächen	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	Referenzen als Hilfsbezüge	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	Winkligkeit	157
10.6.1.2	Parallelität	159
10.6.1.3	Rechtwinkligkeit	161
10.6.2	Orstoleranzen	162
10.6.2.1	Position	163
10.6.2.2	Konzentritizität 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 Interpretation und Festlegung Toleranzen	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
14.3.1 Oberflächencharakterisierung	238
14.3.2 Filter und Übertragungscharakteristik	241
14.3.3 Definition der Oberflächenkenngrößen	243
14.3.4 Zeichnungsangaben für Oberflächen	248
14.3.5 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	347
23 Sachwortverzeichnis.....	350