

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1 Allgemeines	1
1.1 Einleitung.....	1
1.2 Übersicht verwendeter Normen	2
2 Grundlagen	7
3 Entstehung von Form- und Lageabweichungen	11
4 Grundbegriffe der Zeichnungstolerierung	15
4.1 Maße und Toleranzen	15
4.1.1 Maßtoleranzen	15
4.1.2 Theoretisch genaues Maß	16
4.1.3 Geometrietoleranzzone	17
4.2 Minimum-Bedingung für die Formabweichung	19
4.2.1 Erklärung	19
4.2.2 Ermittlung der Formabweichung	20
4.3 Stufenmaße	22
5 Zeichnungseintrag	23
5.1 Angabe von Maßen in einer Zeichnung.....	23
5.2 Beschreibung der Angaben am tolerierten Element.....	24
5.3 Festlegung der Toleranzzone	25
5.3.1 Zuweisung der Toleranzzone.....	25
5.3.2 Gemeinsame Toleranzzone.....	27
5.3.3 Begrenzung der Toleranzzone	28
5.3.4 Projizierte und flexible Toleranzzone	29
5.4 Zeichnungseintrag von Bezügen.....	32
5.4.1 Mehrere Bezugselemente.....	33
5.4.2 Bezug aus mehreren Bezugsflächen	34
5.4.3 Bezugsstellenangabe	35
5.4.4 Bezug über Formelementgruppen.....	36
5.4.5 Zylindrische Bezugselemente	37
5.4.6 Lageelemente von Bezügen	39

6	Bildung von Bezügen	41
6.1	Grundlagen	41
6.2	Bezugselemente	42
6.2.1	Kanten und Flächen	42
6.2.2	Achsen und Mittelebenen als Bezüge	43
6.2.3	Gemeinsame Bezugsachse aus zwei Elementen	44
6.3	Bildung von Bezugssystemen	44
7	Maß-, Form- und Lagetoleranzen	47
7.1	Bedeutung für die Praxis	47
7.2	Toleranzbegrenzungen	47
7.3	Angabe der Toleranzzonen	47
7.4	Formtoleranzen	49
7.4.1	Geradheit	49
7.4.2	Ebenheit	51
7.4.3	Rundheit	53
7.4.4	Zylinderform	55
7.5	Profiltoleranzen	57
7.5.1	Linienformprofil	58
7.5.2	Flächenformprofil	59
7.6	Lagetoleranzen	61
7.6.1	Richtungstoleranzen	61
7.6.2	Ortstoleranzen	67
7.6.3	Laufstoleranzen	76
7.6.4	Gewinde	79
7.6.5	Freiformgeometrien	80
7.7	Dimensionelle Tolerierung von Längenmaßen	81
7.8	3-D-Tolerierung	88
8	Allgemeintoleranzen	91
8.1	Notwendigkeit und Begründung	91
8.2	Allgemeintoleranzen nach DIN ISO 2768	93
8.2.1	Fertigungsverfahren und Werkstoffe	93
8.2.2	Zeichnungseintrag	93
8.2.3	Maß- und Winkeltoleranzen	94
8.2.4	Form- und Lagetoleranzen	95
8.3	Bearbeitungszugaben	95
8.3.1	Maßtoleranzen und Bearbeitungszugaben für Gussteile	96
8.3.2	Maß-, Formtoleranzen und Bearbeitungszugaben für Schmiedeteile	99
8.3.3	Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktionen	101

9	Tolerierungsprinzipien	103
9.1	Funktionssicherung	103
9.1.1	Maximum-Material-Zustand/ MMC	103
9.1.2	Maximum-Material-Maß	104
9.1.3	Minimum-Material-Zustand/ LMC	104
9.1.4	Minimum-Material-Maß	104
9.1.5	Material-Bedingungen	104
9.1.6	Wirksames Maximum-Material-Maß	105
9.2	Der Taylor'sche Prüfgrundsatz	105
9.3	Grenzgestalt von Bauteilen	107
9.3.1	Auswirkung auf Funktion	107
9.3.2	Hüllbedingung zur Eingrenzung der Grenzgestalten	108
10	Tolerierungsgrundsätze	111
10.1	Unabhängigkeitsprinzip	111
10.1.1	Auswirkung der Tolerierung nach dem Unabhängigkeitsprinzip	112
10.2	Hüllprinzip	114
10.2.1	Bedeutung	114
10.2.2	Auslegung des Hüllprinzips	115
10.2.3	Einschränkungen des Hüllprinzips	116
10.2.4	Überprüfung der Hüllbedingung	118
10.2.5	Aufweitung einer Hülle	119
10.3	Maximum-Material-Bedingung	124
10.3.1	Beschreibung der Maximum-Material-Bedingung	124
10.3.2	Eingrenzung der Anwendung	128
10.3.3	Prüfung der Maximum-Material-Bedingung	132
10.3.4	Tolerierung mit dem Toleranzwert „0“	134
10.3.5	Festlegen von Prüflehren	135
10.4	Minimum-Material-Bedingung	138
10.4.1	Anwendung	141
10.5	Reziprozitätsbedingung	141
10.6	Passungsfunktionalität	143
11	Toleranzverknüpfung durch Maßketten	147
11.1	Entstehung von Maßketten	147
11.2	Bedeutung des Schließmaßes und der Schließtoleranz	147
11.2.1	Vorgehen bei der Untersuchung von Toleranzketten	148
11.3	Berechnung von Toleranzketten	148
11.3.1	Worst Case	148
11.3.2	Arithmetische Berechnung	149
11.3.3	Vorgehensweise	149

11.4	Form- und Lagetoleranzen von Maßketten.....	153
11.5	Statistische Tolerierung.....	157
11.5.1	Erweiterter Ansatz.....	157
11.5.2	Mathematische Grundlagen.....	157
11.6	Untersuchung der Prozessfähigkeit.....	168
11.6.1	Relative Prozessstreuung.....	168
11.6.2	Prozessfähigkeit.....	169
11.6.3	Prozessfähigkeitsindex.....	169
11.6.4	Beurteilung der Prozessfähigkeit.....	170
11.6.5	Interpretation der Fähigkeitsgrößen.....	171
11.6.6	Überprüfung der Prozessfähigkeit.....	173
12	Festlegung und Interpretation von Form- und Lagetoleranzen	175
12.1	Festlegung von Form- und Lagetoleranzen.....	175
12.2	Interpretation von Toleranzen.....	181
12.3	Toleranzen und Kosten.....	186
12.3.1	Wirtschaftliche Toleranzen.....	186
12.3.2	Kostengesetzmäßigkeit.....	190
12.3.3	Relativkosten-Katalog.....	191
13	Temperaturproblematik bei Toleranzen	193
13.1	Ausdehnungsgesetz.....	193
13.2	Temperaturabhängigkeit von Passmaßen.....	194
13.3	Simulation an einer Spielpassung.....	194
13.4	Grenztemperatur.....	197
14	Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit	199
14.1	Technische Oberflächen.....	199
14.2	Herstellbare Oberflächenrauheiten.....	201
14.3	Symbolik für die Oberflächenbeschaffenheit.....	203
14.3.1	Oberflächencharakterisierung.....	205
14.3.2	Filter und Übertragungscharakteristik.....	207
14.3.3	Definition der Oberflächenkenngrößen.....	209
14.3.4	Zeichnungsangaben für Oberflächen.....	213
14.3.5	Zeichnungsangaben für Oberflächenrillen.....	214
15	Unterschiede zwischen DIN ISO und ASME	217
15.1	ASME-Standard.....	217
15.2	Symbole und Zeichen.....	218
15.2.1	Maßeintragung.....	218

15.2.2	Unterschied zwischen Millimeter und Inch-Bemaßung in ASME.....	219
15.2.3	Eintragung von Toleranzen.....	219
15.3	Besonderheiten der Maßangabe in ASME.....	220
15.3.1	Radientolerierung.....	220
15.3.2	Begrenzende Toleranzangaben	221
15.3.3	Darstellungen von Bohrungen und Senkungen.....	222
15.3.4	Kennzeichnung statistischer Toleranzen.....	223
15.3.5	Tolerierung einer Tangentenebene.....	223
15.4	Tolerierungsprinzipien.....	224
15.4.1	Bedeutung	224
15.5	Definition der Materialprinzipien in ASME	225
15.5.1	Struktur der Toleranzprinzipien	226
15.5.2	Unterschiede in der Begriffsdefinition.....	227
15.5.3	Anwendung einer Materialbedingung.....	227
15.6	Form- und Lagetoleranzen.....	228
15.6.1	Ebenheitstolerierung bzw. Koplanarität.....	228
15.6.2	Profil- und Positionstoleranzen.....	229
15.6.3	Mehrfachtoleranzrahmen	230
15.6.4	Profiltoleranzen.....	233
16	Referenz-Punkt-Systematik (RPS)	237
16.1	Toleranzen im Fahrzeugbau.....	237
16.2	Fahrzeug-Koordinatensystem	237
16.3	Die „3-2-1-Regel“	238
16.4	RPS-Symbolik	239
16.5	Verfahrensweise für Baugruppen.....	241
17	Geometrische Produktspezifikation/ GPS	243
17.1	Konzeption.....	243
17.2	Normenkette	246
18	Erfahrungswerte für Form- und Lagetoleranzen	249
19	Übungen zur Zeichnungseintragung	251
19.1	Form- und Lagetoleranzen in Zeichnungen	251
19.2	Eintragung von Formtoleranzen	251
19.3	Eintragung von Profiltoleranzen.....	254
19.4	Eintragung von Lagetoleranzen	256
19.4.1	Richtungstoleranzen.....	256
19.4.2	Ortstoleranzen.....	260

19.5	Eintragung von Bezügen	262
19.6	Oberflächensymbole in technischen Zeichnungen	268
20	Normgerechte Anwendungsbeispiele	275
21	Fallbeispiele	289
22	Im Text verwendete Zeichen, Abkürzungen und Indizes	305
Literatur		309
Index		313