

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 1. Auflage	V
Vorwort zur 3. Auflage	VII
1 Allgemeines	1
1.1 Einleitung.....	1
1.2 Übersicht über die verwendeten 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 exaktes 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 Zeichnungseintragung	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	29
5.3.4 Projizierte und flexible Toleranzzone	30
5.4 Zeichnungseintragung von Bezügen.....	32
5.4.1 Mehrere Bezugselemente.....	34
5.4.2 Bezug aus mehreren Bezugsflächen	35
5.4.3 Bezugsstellenangabe.....	36
5.4.4 Bezug über Formelementgruppen.....	37
5.4.5 Zylindrische Bezugselemente	38
5.4.6 Lageelemente von Bezügen	40

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	49
7.1	Bedeutung für die Praxis	49
7.2	Toleranzbegrenzungen	49
7.3	Angabe der Toleranzzonen	49
7.4	Formtoleranzen	51
7.4.1	Geradheit	51
7.4.2	Ebenheit	54
7.4.3	Rundheit	56
7.4.4	Zylinderform	58
7.5	Profiltoleranzen	60
7.5.1	Linienformprofil	60
7.5.2	Flächenformprofil	62
7.6	Lagetoleranzen	64
7.6.1	Richtungstoleranzen	64
7.6.2	Orstoleranzen	70
7.6.3	Laufstoleranzen	79
7.6.4	Gewinde	83
7.6.5	Freiformgeometrien	83
7.7	Dimensionelle Tolerierung von Längenmaßen	84
7.8	3D-Tolerierung	92
8	Allgemeintoleranzen	95
8.1	Notwendigkeit und Begründung	95
8.2	Allgemeintoleranzen nach DIN ISO 2768	97
8.2.1	Fertigungsverfahren und Werkstoffe	97
8.2.2	Zeichnungseintragung	97
8.2.3	Maß- und Winkeltoleranzen	98
8.2.4	Form- und Lagetoleranzen	99
8.3	Bearbeitungszugaben	99
8.3.1	Maßtoleranzen und Bearbeitungszugaben für Gussteile	100
8.3.2	Maß-, Formtoleranzen und Bearbeitungszugaben für Schmiedeteile	103
8.3.3	Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktionen	105

9	Tolerierungsprinzipien	107
9.1	Funktionssicherung.....	107
9.1.1	Maximum-Material-Zustand/MMC.....	107
9.1.2	Maximum-Material-Maß	108
9.1.3	Minimum-Material-Zustand/LMC.....	108
9.1.4	Minimum-Material-Maß.....	108
9.1.5	Material-Bedingungen	108
9.1.6	Wirksames Maximum-Material-Maß	108
9.2	Der Taylor'sche Prüfgrundsatz.....	109
9.3	Grenzgestalt von Bauteilen	111
9.3.1	Auswirkung auf Funktion	111
9.3.2	Hüllbedingung zur Eingrenzung der Grenzgestalt.....	112
10	Tolerierungsgrundsätze	115
10.1	Unabhängigkeitsprinzip	115
10.1.1	Auswirkung der Tolerierung nach dem Unabhängigkeitsprinzip	116
10.2	Hüllprinzip.....	118
10.2.1	Bedeutung.....	118
10.2.2	Auslegung des Hüllprinzips.....	119
10.2.3	Einschränkungen des Hüllprinzips.....	120
10.2.4	Überprüfung der Hüllbedingung.....	123
10.2.5	Aufweitung einer Hülle	123
10.3	Maximum-Material-Bedingung	128
10.3.1	Beschreibung der Maximum-Material-Bedingung	129
10.3.2	Eingrenzung der Anwendung	132
10.3.3	Prüfung der Maximum-Material-Bedingung	137
10.3.4	Tolerierung mit dem Toleranzwert „0“.....	139
10.3.5	Festlegung von Prüfflehen	140
10.4	Minimum-Material-Bedingung.....	143
10.4.1	Anwendung.....	145
10.5	Reziprozitätsbedingung	146
10.6	Passungsfunktionalität	148
11	Toleranzverknüpfung durch Maßketten	153
11.1	Entstehung von Maßketten	153
11.2	Bedeutung des Schließmaßes und der Schließtoleranz.....	153
11.2.1	Vorgehen bei der Untersuchung von Toleranzketten.....	154
11.3	Berechnung von Toleranzketten	154
11.3.1	Worst Case.....	154
11.3.2	Arithmetische Berechnung.....	154
11.3.3	Vorgehensweise	155

11.4	Form- und Lagetoleranzen in Maßketten.....	159
11.5	Statistische Tolerierung	163
11.5.1	Erweiterter Ansatz	163
11.5.2	Mathematische Grundlagen	163
11.6	Untersuchung der Prozessfähigkeit	174
11.6.1	Relative Prozessstrebweite	174
11.6.2	Prozessfähigkeit.....	175
11.6.3	Prozessfähigkeitsindex	175
11.6.4	Beurteilung der Prozessfähigkeit	176
11.6.5	Interpretation der Fähigkeitskenngrößen	176
11.6.6	Überprüfung auf Prozessfähigkeit	178
12	Festlegung und Interpretation von Form- und Lagetoleranzen	181
12.1	Festlegung von Form- und Lagetoleranzen	181
12.2	Interpretation von Toleranzangaben	186
12.3	Toleranzen und Kosten	191
12.3.1	Wirtschaftliche Toleranzen.....	191
12.3.2	Kostengesetzmäßigkeit	195
12.3.3	Relativkosten-Katalog	196
13	Temperaturproblematik bei Toleranzen	199
13.1	Ausdehnungsgesetz	199
13.2	Temperaturabhängigkeit von Passmaßen	200
13.3	Simulation an einer Spielpassung	200
13.4	Grenztemperatur	203
14	Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit	205
14.1	Technische Oberflächen	205
14.2	Herstellbare Oberflächenrauheiten	207
14.3	Symbolik für die Oberflächenbeschaffenheit	209
14.3.1	Oberflächencharakterisierung.....	212
14.3.2	Filter und Übertragungscharakteristik	214
14.3.3	Definition der Oberflächenkenngrößen	216
14.3.4	Zeichnungsangaben für Oberflächen	220
14.3.5	Zeichnungsangaben für Oberflächenrillen.....	222
15	Unterschiede zwischen DIN ISO und ASME	225
15.1	ASME-Standard	225
15.2	Symbole und Zeichen	225
15.2.1	Maßeintragung.....	225
15.2.2	Unterschied zwischen Millimeter und Inch-Bemaßung in ASME	226
15.2.3	Eintragung von Toleranzen.....	227

15.3	Besonderheiten der Maßangabe in ASME.....	228
15.3.1	Radientolerierung.....	228
15.3.2	Begrenzende Toleranzangaben	229
15.3.3	Darstellung von Bohrungen und Senkungen.....	230
15.3.4	Kennzeichnung statistischer Toleranzen.....	231
15.3.5	Tolerierung einer Tangentenebene.....	231
15.4	Tolerierungsprinzipien	232
15.4.1	Bedeutung	232
15.5	Definition der Materialprinzipien in ASME	234
15.5.1	Struktur der Toleranzprinzipien.....	234
15.5.2	Unterschiede in der Begriffsdefinition.....	236
15.5.3	Anwendung einer Materialbedingung.....	236
15.6	Form- und Lagetoleranzen.....	237
15.6.1	Ebenheitstolerierung bzw. Koplanarität.....	237
15.6.2	Profil- und Positionstolerierung	238
15.6.3	Mehrfachtoleranzrahmen	239
15.6.4	Profiltoleranzen.....	242
16	Referenz-Punkt-Systematik (RPS)	247
16.1	Toleranzen im Fahrzeugbau.....	247
16.2	Fahrzeug-Koordinatensystem	247
16.3	Die „3-2-1-Regel“	248
16.4	RPS-Symbolik	250
16.5	Verfahrensweise für Baugruppen.....	251
17	Geometrische Produktspezifikation/GPS	253
17.1	Konzeption.....	253
17.2	Normenkette	256
18	Erfahrungswerte für Form- und Lagetoleranzen	259
19	Übungen zur Zeichnungseintragung	261
19.1	Geometrische Toleranzen in Zeichnungen.....	261
19.2	Eintragung von Formtoleranzen	261
19.3	Eintragung von Profiltoleranzen	264
19.4	Eintragung von Lagetoleranzen	266
19.4.1	Richtungstoleranzen.....	266
19.4.2	Ortstoleranzen.....	270
19.5	Eintragung von Bezügen.....	272
19.6	Oberflächensymbole in technischen Zeichnungen.....	278

20	Normgerechte Anwendungsbeispiele	285
21	Fallbeispiele	299
22	Im Text verwendete Zeichen, Abkürzungen und Indizes	315
22.1	Zeichen und Abkürzungen.....	315
22.2	Indizes	316
Literaturverzeichnis		319
Sachwortverzeichnis		323