

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 1. Auflage	V
Vorwort zur 4. 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	43
6.1	Grundlagen	43
6.2	Bezugselemente	44
6.2.1	Kanten und Flächen	44
6.2.2	Achsen und Mittelebenen als Bezüge	45
6.2.3	Gemeinsame Bezugsachse aus zwei Elementen	46
6.3	Bildung von Bezugssystemen	46
7	Maß-, Form- und Lagetoleranzen	51
7.1	Bedeutung für die Praxis	51
7.2	Toleranzbegrenzungen	51
7.3	Angabe der Toleranzzonen	51
7.4	Formtoleranzen	53
7.4.1	Geradheit	53
7.4.2	Ebenheit	56
7.4.3	Rundheit	58
7.4.4	Zylinderform	60
7.5	Profiltoleranzen	62
7.5.1	Linienformprofil	63
7.5.2	Flächenformprofil	65
7.6	Lagetoleranzen	67
7.6.1	Richtungstoleranzen	67
7.6.2	Ortstoleranzen	73
7.6.3	Laufstoleranzen	83
7.6.4	Gewinde	86
7.6.5	Freiformgeometrien	86
7.7	Dimensionelle Tolerierung von Längenmaßen	87
7.8	3D-Tolerierung	95
8	Allgemeintoleranzen	99
8.1	Notwendigkeit und Begründung	99
8.2	Allgemeintoleranzen nach DIN ISO 2768	101
8.2.1	Fertigungsverfahren und Werkstoffe	101
8.2.2	Zeichnungseintragung	101
8.2.3	Maß- und Winkeltoleranzen	102
8.2.4	Form- und Lagetoleranzen	103
8.3	Bearbeitungszugaben	103
8.3.1	Maßtoleranzen und Bearbeitungszugaben für Gussteile	104
8.3.2	Maß-, Formtoleranzen und Bearbeitungszugaben für Schmiedeteile	107
8.3.3	Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktionen	109

9	Tolerierungsprinzipien	111
9.1	Funktionssicherung	111
9.1.1	Maximum-Material-Zustand/MMC	111
9.1.2	Maximum-Material-Maß	112
9.1.3	Minimum-Material-Zustand/LMC	112
9.1.4	Minimum-Material-Maß	112
9.1.5	Material-Bedingungen	112
9.1.6	Wirksames Maximum-Material-Maß	112
9.2	Der Taylor'sche Prüfgrundsatz	113
9.3	Grenzgestalt von Bauteilen	115
9.3.1	Auswirkung auf Funktion	115
9.3.2	Hüllbedingung zur Eingrenzung der Grenzgestalt	116
10	Tolerierungsgrundsätze	119
10.1	Unabhängigkeitsprinzip	119
10.1.1	Auswirkung der Tolerierung nach dem Unabhängigkeitsprinzip	120
10.2	Hüllprinzip	122
10.2.1	Bedeutung	122
10.2.2	Auslegung des Hüllprinzips	123
10.2.3	Einschränkungen des Hüllprinzips	124
10.2.4	Überprüfung der Hüllbedingung	126
10.2.5	Aufweitung einer Hülle	127
10.3	Maximum-Material-Bedingung	132
10.3.1	Beschreibung der Maximum-Material-Bedingung	132
10.3.2	Eingrenzung der Anwendung	136
10.3.3	Prüfung der Maximum-Material-Bedingung	141
10.3.4	Tolerierung mit dem Toleranzwert „0“	143
10.3.5	Festlegung von Prüflehren	144
10.4	Minimum-Material-Bedingung	147
10.4.1	Anwendung	149
10.5	Reziprozitätsbedingung	150
10.6	Passungsfunktionalität	152
11	Toleranzverknüpfung durch Maßketten	157
11.1	Entstehung von Maßketten	157
11.2	Bedeutung des Schließmaßes und der Schließtoleranz	157
11.2.1	Vorgehen bei der Untersuchung von Toleranzketten	158
11.3	Berechnung von Toleranzketten	158
11.3.1	Worst Case	158
11.3.2	Arithmetische Berechnung	158
11.3.3	Vorgehensweise	159
11.4	Form- und Lagetoleranzen in Maßketten	163

11.5	Statistische Tolerierung	167
11.5.1	Erweiterter Ansatz	167
11.5.2	Mathematische Grundlagen	167
11.6	Untersuchung der Prozessfähigkeit	178
11.6.1	Relative Prozessstreuung	178
11.6.2	Prozessfähigkeit	179
11.6.3	Prozessfähigkeitsindex	179
11.6.4	Beurteilung der Prozessfähigkeit	180
11.6.5	Interpretation der Fähigkeitskenngrößen	180
11.6.6	Überprüfung auf Prozessfähigkeit	182
12	Festlegung und Interpretation von Form- und Lagetoleranzen	185
12.1	Festlegung von Form- und Lagetoleranzen	185
12.2	Interpretation von Toleranzangaben	191
12.3	Toleranzen und Kosten	196
12.3.1	Wirtschaftliche Toleranzen	196
12.3.2	Kostengesetzmäßigkeit	200
12.3.3	Relativkosten-Katalog	201
13	Temperaturproblematik bei Toleranzen	203
13.1	Ausdehnungsgesetz	203
13.2	Temperaturabhängigkeit von Passmaßen	204
13.3	Simulation an einer Spielpassung	204
13.4	Grenztemperatur	207
14	Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit	209
14.1	Technische Oberflächen	209
14.2	Herstellbare Oberflächenrauheiten	211
14.3	Symbolik für die Oberflächenbeschaffenheit	213
14.3.1	Oberflächencharakterisierung	216
14.3.2	Filter und Übertragungscharakteristik	218
14.3.3	Definition der Oberflächenkenngrößen	220
14.3.4	Zeichnungsangaben für Oberflächen	224
14.3.5	Zeichnungsangaben für Oberflächenrillen	226
15	Unterschiede zwischen DIN ISO und ASME	229
15.1	ASME-Standard	229
15.2	Symbole und Zeichen	229
15.2.1	Maßeintragung	229
15.2.2	Unterschied zwischen Millimeter und Inch-Bemaßung in ASME	230
15.2.3	Eintragung von Toleranzen	231

15.3	Besonderheiten der Maßangabe in ASME	232
15.3.1	Radientolerierung	232
15.3.2	Begrenzende Toleranzangaben	233
15.3.3	Darstellung von Bohrungen und Senkungen	234
15.3.4	Kennzeichnung statistischer Toleranzen	235
15.3.5	Tolerierung einer Tangentenebene	235
15.4	Tolerierungsprinzipien	236
15.4.1	Bedeutung	236
15.5	Definition der Materialprinzipien in ASME	238
15.5.1	Struktur der Toleranzprinzipien	238
15.5.2	Unterschiede in der Begriffsdefinition	240
15.5.3	Anwendung einer Materialbedingung	240
15.6	Form- und Lagetoleranzen	240
15.6.1	Ebenheitstolerierung bzw. Koplanarität	241
15.6.2	Profil- und Positionstolerierung	242
15.6.3	Mehrfachtoleranzrahmen	243
15.6.4	Profiltoleranzen	246
16	Referenz-Punkt-Systematik (RPS)	251
16.1	Toleranzen im Fahrzeugbau	251
16.2	Fahrzeug-Koordinatensystem	251
16.3	Die „3-2-1-Regel“	252
16.4	RPS-Symbolik	254
16.5	Verfahrensweise für Baugruppen	255
17	Geometrische Produktspezifikation/GPS	257
17.1	Konzeption	257
17.2	Normenkette	260
18	Erfahrungswerte für Form- und Lagetoleranzen	263
19	Übungen zur Zeichnungseintragung	265
19.1	Geometrische Toleranzen in Zeichnungen	265
19.2	Eintragung von Formtoleranzen	265
19.3	Eintragung von Profiltoleranzen	268
19.4	Eintragung von Lagetoleranzen	270
19.4.1	Richtungstoleranzen	270
19.4.2	Orsttoleranzen	274
19.5	Eintragung von Bezügen	276
19.6	Oberflächensymbole in technischen Zeichnungen	283

20	Normgerechte Anwendungsbeispiele	291
21	Fallbeispiele	305
22	Im Text verwendete Zeichen, Abkürzungen und Indizes	321
22.1	Zeichen und Abkürzungen.....	321
22.2	Indizes	322
22.3	Kurzzeichen Längenmaße, Form- und Lagetoleranzen	323
Literaturverzeichnis		325
Sachwortverzeichnis		329