

Inhalt

Vorwort zur 1. Auflage — VI

Vorwort zur 4. Auflage — VII

Vorwort zur 5. Auflage — VIII

1 Allgemeines — 1

1.1 Einleitung — 1

1.2 Übersicht über die verwendeten Normen — 2

2 Grundlagen — 7

3 Entstehung von Form- und Lageabweichungen — 12

3.1 Die Bauteilentstehungsphasen — 12

3.2 Entstehung von Form- und Lageabweichungen — 12

4 Grundbegriffe der Zeichnungstolerierung — 17

4.1 Maße und Toleranzen — 17

4.1.1 Maßtoleranzen — 17

4.1.2 Theoretisch exaktes Maß — 19

4.1.3 Geometrietoleranzzone — 20

4.2 Minimum-Bedingung für die Formabweichung — 23

4.2.1 Erklärung — 23

4.2.2 Ermittlung der Formabweichung — 23

4.3 Längen- und Stufenmaße — 26

5 Zeichnungseintragung — 28

5.1 Angabe von Maßen in einer Zeichnung — 28

5.2 Beschreibung der Angaben am tolerierten Element — 29

5.3 Festlegung der Toleranzzone — 31

5.3.1 Zuweisung der Toleranzzone — 31

5.3.2 Gemeinsame Toleranzzone — 34

5.3.3 Begrenzung der Toleranzzone — 36

5.3.4 Projizierte und flexible Toleranzzone — 37

5.4 Zeichnungseintragung von Bezügen — 40

5.4.1 Mehrere Bezugselemente — 41

5.4.2 Bezug aus mehreren Bezugsflächen — 42

5.4.3 Bezugsstellenangabe — 43

5.4.4 Bezug über Formelementgruppen — 45

5.4.5	Zylindrische Bezugselemente —	46
5.4.6	Lageelemente von Bezügen —	48
6	Bildung von Bezügen —	50
6.1	Grundlagen —	50
6.2	Bezugselemente —	51
6.2.1	Kanten und Flächen —	51
6.2.2	Achsen und Mittelebenen als Bezüge —	52
6.2.3	Gemeinsame Bezugsachse aus zwei Elementen —	53
6.2.4	Wirkung eines Orientierungsbezugs —	53
6.3	Bildung von Bezugssystemen —	54
7	Maß-, Form- und Lagetoleranzen —	59
7.1	Bedeutung für die Praxis —	59
7.2	Toleranzbegrenzungen —	59
7.3	Angabe der Toleranzzonen —	60
7.4	Formtoleranzen —	61
7.4.1	Geradheit —	62
7.4.2	Ebenheit —	66
7.4.3	Rundheit —	67
7.4.4	Zylinderform —	70
7.5	Profiltoleranzen —	72
7.5.1	Linienformprofil —	73
7.5.2	Flächenformprofil —	75
7.6	Lagetoleranzen —	78
7.6.1	Richtungstoleranzen —	78
7.6.2	Ortstoleranzen —	85
7.6.3	Lauftoleranzen —	94
7.6.4	Gewinde —	98
7.6.5	Freiformgeometrien —	98
7.7	Dimensionelle Tolerierung von Längenmaßen —	99
7.8	3D-Tolerierung —	108
8	Allgemeintoleranzen —	112
8.1	Bedeutung und Anwendung —	112
8.2	Allgemeintoleranzen nach DIN ISO 2768 bzw. DIN 2769 —	114
8.2.1	Fertigungsverfahren und Werkstoffe —	115
8.2.2	Zeichnungseintragung —	115
8.2.3	Maß- und Winkeltoleranzen —	116

- 8.2.4 Form- und Lagetoleranzen — 117
- 8.2.5 Allgmeintoleranz-Konzept nach ISO 22081 — 117
- 8.3 Bearbeitungszugaben — 120
- 8.3.1 Maßtoleranzen und Bearbeitungszugaben für Gussteile — 120
- 8.3.2 Maß-, Formtoleranzen und Bearbeitungszugaben für Schmiedeteile — 124
- 8.3.3 Allgmeintoleranzen für Schweißkonstruktionen — 126
- 9 Tolerierungsprinzipien — 127**
 - 9.1 Funktionssicherung — 127
 - 9.1.1 Maximum-Material-Zustand/MMC — 127
 - 9.1.2 Maximum-Material-Maß — 128
 - 9.1.3 Minimum-Material-Zustand/LMC — 128
 - 9.1.4 Minimum-Material-Maß — 128
 - 9.1.5 Material-Bedingungen — 128
 - 9.1.6 Wirksames Maximum-Material-Maß — 129
 - 9.2 Der Taylor'sche Prüfgrundsatz — 129
 - 9.3 Grenzgestalt von Bauteilen — 131
 - 9.3.1 Auswirkung auf Funktion — 131
 - 9.3.2 Hüllbedingung zur Eingrenzung der Grenzgestalt — 131
- 10 Tolerierungsgrundsätze — 135**
 - 10.1 Unabhängigkeitsprinzip — 135
 - 10.1.1 Auswirkung der Tolerierung nach dem Unabhängigkeitsprinzip — 136
 - 10.2 Hüllprinzip — 138
 - 10.2.1 Bedeutung — 138
 - 10.2.2 Auslegung des Hüllprinzips — 139
 - 10.2.3 Einschränkungen des Hüllprinzips — 140
 - 10.2.4 Überprüfung der Hüllbedingung — 142
 - 10.2.5 Aufweitung einer Hülle — 143
 - 10.3 Maximum-Material-Bedingung — 148
 - 10.3.1 Beschreibung der Maximum-Material-Bedingung — 148
 - 10.3.2 Eingrenzung der Anwendung — 152
 - 10.3.3 Prüfung der Maximum-Material-Bedingung — 157
 - 10.3.4 Tolerierung mit dem Toleranzwert „0“ — 159
 - 10.3.5 Festlegung von Prüflehren — 160
 - 10.4 Minimum-Material-Bedingung — 163
 - 10.4.1 Anwendung — 165
 - 10.5 Reziprozitätsbedingung — 166
 - 10.6 Passungsfunktionalität — 168

11	Toleranzverknüpfung durch Maßketten — 172
11.1	Entstehung von Maßketten — 172
11.2	Bedeutung des Schließmaßes und der Schließtoleranz — 172
11.2.1	Vorgehen bei der Untersuchung von Toleranzketten — 173
11.3	Berechnung von Toleranzketten — 173
11.3.1	Worst Case — 173
11.3.2	Arithmetische Berechnung — 174
11.3.3	Vorgehensweise — 175
11.4	Form- und Lagetoleranzen in Maßketten — 178
11.5	Statistische Tolerierung — 182
11.5.1	Erweiterter Ansatz — 182
11.5.2	Mathematische Grundlagen — 183
11.6	Untersuchung der Prozessfähigkeit — 194
11.6.1	Relative Prozessstreuung — 194
11.6.2	Prozessfähigkeit — 194
11.6.3	Prozessfähigkeitsindex — 195
11.6.4	Beurteilung der Prozessfähigkeit — 196
11.6.5	Interpretation der Fähigkeitskenngrößen — 196
11.6.6	Überprüfung auf Prozessfähigkeit — 198
12	Festlegung und Interpretation von Form- und Lagetoleranzen — 200
12.1	Festlegung von Form- und Lagetoleranzen — 200
12.2	Interpretation von Toleranzangaben — 206
12.3	Toleranzen und Kosten — 211
12.3.1	Wirtschaftliche Toleranzen — 211
12.3.2	Kostengesetzmäßigkeit — 215
12.3.3	Relativkosten-Katalog — 217
13	Temperaturproblematik bei Toleranzen — 218
13.1	Ausdehnungsgesetz — 218
13.2	Temperaturabhängigkeit von Passmaßen — 219
13.3	Simulation an einer Spielpassung — 219
13.4	Grenztemperatur — 222
14	Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit — 224
14.1	Technische Oberflächen — 224
14.2	Herstellbare Oberflächenrauheiten — 226
14.3	Symbolik für die Oberflächenbeschaffenheit — 228
14.3.1	Oberflächencharakterisierung — 231
14.3.2	Filter und Übertragungscharakteristik — 233

14.3.3	Definition der Oberflächenkenngrößen —	235
14.3.4	Zeichnungsangaben für Oberflächen —	239
14.3.5	Zeichnungsangaben für Oberflächenrillen —	241
15	Unterschiede zwischen DIN, ISO und ASME —	244
15.1	ASME-Standard —	244
15.2	Symbole und Zeichen —	245
15.2.1	Maßeintragung —	245
15.2.2	Unterschied zwischen Millimeter und Inch-Bemaßung in ASME —	246
15.2.3	Eintragung von Toleranzen —	247
15.3	Besonderheiten der Maßangabe in ASME —	248
15.3.1	Radientolerierung —	248
15.3.2	Begrenzende Toleranzangaben —	249
15.3.3	Darstellung von Bohrungen und Senkungen —	249
15.3.4	Kennzeichnung statistischer Toleranzen —	250
15.3.5	Tolerierung einer Tangentenebene —	251
15.4	Tolerierungsprinzipien —	252
15.4.1	Bedeutung —	252
15.5	Definition der Materialprinzipien in ASME —	253
15.5.1	Struktur der Toleranzprinzipien —	254
15.5.2	Unterschiede in der Begriffsdefinition —	255
15.5.3	Anwendung einer Materialbedingung —	255
15.6	Form- und Lagetoleranzen —	256
15.6.1	Ebenheitstolerierung bzw. Koplanarität —	256
15.6.2	Profil- und Positionstolerierung —	257
15.6.3	Mehrfachtoleranzrahmen —	258
15.6.4	Profiltoleranzen —	261
16	Referenz-Punkte-Systematik (RPS) —	264
16.1	Toleranzen im Fahrzeugbau —	264
16.2	Fahrzeug-Koordinatensystem —	264
16.3	Die „3-2-1-Regel“ —	265
16.4	RPS-Symbolik —	267
16.5	Verfahrensweise für Baugruppen —	268
17	Geometrische Produktspezifikation/GPS —	270
17.1	Konzeption —	270
17.2	Normenkette —	273
18	Erfahrungswerte für Form- und Lagetoleranzen —	276

19	Übungen zur Zeichnungseintragung — 278
19.1	Geometrische Toleranzen in Zeichnungen — 278
19.2	Eintragung von Formtoleranzen — 278
19.3	Eintragung von Profilltoleranzen — 281
19.4	Eintragung von Lagetoleranzen — 283
19.4.1	Richtungstoleranzen — 283
19.4.2	Orsttoleranzen — 287
19.5	Sonderfälle der Bezugsbildung — 289
19.6	Oberflächensymbole in technischen Zeichnungen — 295
20	Normgerechte Anwendungsbeispiele — 301
21	Fallbeispiele — 315
22	Im Text verwendete Zeichen, Abkürzungen und Indizes — 330
22.1	Zeichen und Abkürzungen — 330
22.2	Indizes — 331
22.3	Kurzzeichen Längenmaße, Form- und Lagetoleranzen — 331
Literaturverzeichnis — 333	
Stichwortverzeichnis — 337	