

Martin Bohn
Klaus Hetsch

Funktionsorientiertes Toleranzdesign

Angewandte Form- und Lagetolerierung
im Maschinen-, Fahrzeug- und Gerätebau

2., vollständig überarbeitete Auflage

HANSER

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	IX
Kurzzeichen	XI
Vorwort	XIII
1 Einleitung	1
2 Funktionsorientiertes Toleranzdesign	3
2.1 Entwicklungsprozess	4
2.2 Toleranzkonzept	6
2.3 Prozess zur Festlegung des Toleranzkonzepts	7
3 Anforderungen	9
4 Funktionen	11
4.1 Grundlagen zur Funktion	11
4.2 Funktion klären	14
4.3 Typische Funktionen	16
4.3.1 Optische Funktionen	17
4.3.2 Technische Funktionen	23
4.3.2.1 Abdichtung sicherstellen	24
4.3.2.2 Kinematik sicherstellen	24
4.3.2.3 Positionierung von Bauteilen zueinander sicherstellen ..	25
4.3.2.4 Anbindungsfunktion	26
4.4 Beispiel zur Ableitung von Funktionen	27

5	Fügefolge und Fertigungsprozess	31
5.1	Fügefolge	31
5.2	Fertigungsprozesse	33
6	Ausrichtung und Aufnahmen	37
7	Bezüge	39
7.1	Begrifflichkeiten	39
7.2	Definition eines Bezugs	41
7.3	Verwendung von Bezugsstellen	45
7.4	Verwendung mehrerer Bezüge	46
7.4.1	Gemeinsamer Bezug	47
7.4.2	Bezugssystem	50
7.5	Vermittlung von Bezügen	54
7.6	Referenzpunktsystem (RPS)	59
7.7	Statisch überbestimmte Bezüge und Bezüge bei elastischen Bauteilen	62
7.8	Einschränkung der Wirkung eines Bezugs	66
7.9	Beispiele von Bezügen	67
7.10	Bezugsstellen vergeben	69
7.10.1	Regeln zur Vergabe von Bezugsstellen	69
7.10.2	Vergabe von Bezugsstellen im Zusammenbau	80
7.10.3	Wechsel von Bezugsstellen	81
8	Toleranzen	83
8.1	Dimensionelle Tolerierung nach DIN EN ISO 14405	85
8.2	Form- und Lagetolerierung nach DIN EN ISO 1101 bzw. DIN EN ISO 5458	90
8.2.1	Symbolik des Toleranzindikators	92
8.2.2	Symbolik des Toleranzpfeils	93
8.2.3	Ergänzende Symbole	94
8.2.4	Formtoleranzen	102
8.2.5	Richtungstoleranzen	111
8.2.6	Ortstoleranzen	118
8.2.7	Lauf	133
8.2.8	Weitere Tolerierungsregeln	134
8.3	Allgemeintoleranzen	135

8.4	Toleranzen vergeben	137
8.5	Toleranzänderungen	138
9	Prozessfähigkeiten und Toleranzen	139
9.1	Prozessfähigkeitskennwerte	139
9.2	Zusammenhang Verteilung, Toleranzen und Prozessfähigkeit ...	145
10	Analyse des Toleranzkonzepts	147
10.1	Toleranzrechnung	147
10.1.1	Analytische Worst-Case-Rechnung	148
10.1.2	Analytische statistische Rechnung	150
10.1.3	Numerische statistische Rechnung	151
10.1.4	Beurteilung der Rechenverfahren	154
10.1.5	Optimierungsstrategien	156
10.2	Verifikation durch Hardware	157
10.2.1	Grundlagen	158
10.2.2	Aufbau der Analyse	159
10.2.3	Messtechnische Analyse	163
11	Optimierungsstrategien	169
12	Umsetzung des Toleranzkonzepts	173
12.1	Lieferantenvergabe von Einzelteilen bzw. Zusammenbauten	174
12.2	Anlagen- und Prozessplanung	176
12.3	Erstbemusterung	177
12.4	Serienbegleitende Messung	178
12.5	Prozessregelung	178
13	Anhang	183
13.1	Übersicht über die GPS-Normung	183
13.2	Zeichnung und 3D-Datensatz	185
13.3	Theoretisch exakte Dimensionen	189
13.3.1	Analyse der Zeichnung	190
13.4	Anwendungsbeispiel: Toleranzdesign am Beispiel einer Fuge ...	195
13.5	Anwendungsbeispiel: Toleranzdesign am Beispiel eines zerspannten Gussteils	202
13.6	Tolerierung bei Losgröße 1	212

13.7	Statistik	212
13.7.1	Normalverteilung	213
13.7.2	Standardabweichung	213
13.7.3	Erforderliche Stichprobengröße	215
13.7.4	Verteilungen und Verteilungsadditionen	217
13.8	Begriffsdefinitionen	219
13.9	Literaturverzeichnis	222
Index	225