

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

1	Einleitung	1
2	Umfeld der Statistischen Tolerierung	3
2.1	Toleranzgerechte Konstruktion	3
2.2	Toleranzgerechte Fertigung	4
2.3	Toleranzgerechte Qualitätssicherung	5
3	Berechnung von Maßketten	6
3.1	Grundbegriffe der Tolerierung	6
3.2	Beschreibung der Maßtoleranzzone	7
3.3	Entstehung von Maßketten	8
3.4	Bedeutung des Schließmaßes und der Schließmaßtoleranz	8
3.5	Arithmetische Berechnung von Toleranzketten	9
4	Grundlagen der Statistischen Tolerierung.....	14
4.1	Mathematische Grundlagen.....	14
4.1.1	Allgemeine Statistik	14
4.1.2	Ermittlung von Verteilungen.....	18
4.1.3	Großserienverteilung.....	21
4.1.3.1	Allgemeine Beschreibung von stetigen Verteilungen	21
4.1.3.2	Beschreibung der Gauß'schen Normalverteilung	22
4.1.4	Zusammenhang zwischen Standardabweichung und Toleranz.....	24
4.2	Verknüpfung mehrerer Maße	25
4.2.1	Maßketten	25
4.2.2	Mittelwertsatz.....	25
4.2.3	Abweichungsfortpflanzungsgesetz.....	26
4.2.4	Anwendung des Abweichungsfortpflanzungsgesetzes und des Mittelwertsatzes	27
4.2.4.1	Behandlung linearer Maßketten	27
4.2.4.2	Behandlung ebener Maßketten.....	27
4.2.4.3	Elektrische Schaltung als Maßkette	28
4.2.5	Zentraler Grenzwertsatz	31
4.2.5.1	Nachweis des zentralen Grenzwertsatzes.....	31
4.2.5.2	Beispiel für die Verknüpfung mehrerer Maße	31
4.3	Die Faltung	33
5	Analyse von Grundproblemen bei der Maßketten-Verknüpfung.....	35
5.1	Symbolische Montage von rechteckig verteilten Sollmaßen	36
5.1.1	Tolerierungsparameter	36
5.1.2	Tabellarische Ergebnisübersicht	36
5.1.3	Toleranzanalyse.....	37
5.2	Symbolische Montage von dreieckig verteilten Sollmaßen	40
5.2.1	Tolerierungsparameter	40
5.2.2	Tabellarische Ergebnisübersicht	40
5.2.3	Toleranzanalyse.....	41

5.3	Symbolische Montage von normal- und dreieckig verteilten Sollmaßen	42
5.3.1	Tolerierungsparameter	42
5.3.2	Tabellarische Ergebnisübersicht	42
5.3.3	Toleranzanalyse	43
5.4	Symbolische Montage von normalverteilten Sollmaßen	44
5.4.1	Tolerierungsparameter	44
5.4.2	Tabellarische Ergebnisübersicht	44
5.4.3	Toleranzanalyse	45
5.5	Symbolische Montage von normalverteilten Sollmaßen	46
5.5.1	Tolerierungsparameter	46
5.5.2	Tabellarische Ergebnisübersicht	46
5.5.3	Toleranzanalyse	47
5.5.4	Sensitivitätsanalyse	48
5.6	Symbolische Montage normalverteilter Sollmaße mit Spiel	49
5.6.1	Tolerierungsparameter	49
5.6.2	Tabellarische Ergebnisübersicht	49
5.6.3	Toleranzanalyse	50
5.7	Symbolische Montage zweier Sollmaße mit Form- und Lagetoleranz	52
5.7.1	Tolerierungsparameter	52
5.7.2	Tabellarische Ergebnisübersicht	52
5.7.3	Toleranzanalyse	53
5.7.4	Form- und Lagetoleranzen	55
5.8	Sollmaßabstimmung für eine Baugruppenfunktionalität	56
5.8.1	Tolerierungsparameter	56
5.8.2	Toleranzanalyse	57
5.9	Übergreifendes Beispiel zur Toleranzanalyse	59
5.9.1	Montagesituation	59
5.9.2	Aufstellung des Maßplans	60
5.9.3	Arithmetische Tolerierung	60
5.9.4	Statistische Tolerierung	61
5.9.5	Montagesimulation	65
6	Toleranzsynthese	69
7	Robust Design	71
7.1	Praktische Bedeutung	71
7.2	Herkömmliche Toleranzphilosophie	71
7.3	Japanische Toleranzphilosophie	72
7.4	Beispiel zur Quantifizierung des Qualitätsverlustes	74
7.4.1	Definitionen zum Toleranzdesign	74
7.4.2	Ermittlung einer wirtschaftlichen Toleranz	74
7.4.3	Bewertung des tatsächlichen Qualitätsverlustes	77
7.4.4	Problematik der Herstellungstoleranzen	79
7.5	Praktischer Ansatz	82
8	Überwachung eines Produktionsprozesses	83
8.1	Fähigkeitsnachweise	83
8.2	Die Qualitätsregelkarte (QRK)	84

9	Statistische Prozesslenkung.....	86
9.1	Prozessgüte und Prozessfähigkeit.....	86
9.2	Prozessgüte.....	86
9.3	Prozessfähigkeitsindizes.....	87
9.3.1	Relative Prozessstreuung.....	87
9.3.2	Prozessfähigkeit.....	88
9.3.3	Prozessfähigkeitsindex.....	88
9.3.4	Bewertung der Prozessfähigkeit.....	89
9.3.5	Prozessbeurteilung.....	90
9.3.6	Maschinenfähigkeitsindizes.....	91
9.3.7	Messmittelfähigkeit.....	91
10	Simulation der Montage einer Baugruppe bei gleichverteilten Fertigungstoleranzen	92
10.1	Arithmetische Berechnung.....	93
10.2	Statistische Berechnung.....	93
10.3	Simulation.....	94
10.4	Bauteilpool.....	95
11	Toleranzrechnung an linearen Systemen.....	100
11.1	Analyse einer Presspassung.....	101
11.1.1	Zeichnerische Darstellung.....	101
11.1.2	Tolerierungsparameter.....	101
11.1.3	Tabellarische Ergebnisübersicht.....	101
11.1.4	Berechnungen.....	102
11.2	Analyse einer Spielpassung.....	107
11.2.1	Zeichnerische Darstellung.....	107
11.2.2	Konstruktionsparameter.....	107
11.2.3	Tabellarische Kurzübersicht.....	107
11.2.4	Berechnungen.....	108
11.3	Analyse eines Türfeststellers.....	113
11.3.1	Zeichnerische Darstellung.....	113
11.3.2	Maßgrößen aller Einzelteile.....	113
11.3.3	Vektorieller Maßplan.....	114
11.3.4	Tabellarische Kurzübersicht.....	114
11.3.5	Berechnungen.....	115
11.4	Analyse einer Laufrolle.....	119
11.4.1	Zeichnerische Darstellung.....	119
11.4.2	Parameter.....	121
11.4.3	Maßplan.....	121
11.4.4	Betrachtung der Form- und Lagetoleranzen der Baugruppe.....	122
11.4.5	Tabellarische Kurzübersicht.....	122
11.4.6	Berechnungen.....	123
11.5	Toleranzkennzeichnung nach alter DIN 7186.....	126
12	Toleranzrechnung an nichtlinearen Systemen.....	129
12.1	Anwendungsumfeld.....	129
12.2	Vorgehen.....	129
12.3	Volumentolerierung.....	130
12.4	Bestimmung eines Lochabstandes.....	136
12.5	Schaltung von Ohm'schen Widerständen.....	142

12.6 Schubkurbelgetriebe	147
12.7 Reibschlussverbindung	153
13 Toleranzen und Passungen in der Kunststofftechnik	159
13.1 Einflussfaktoren auf Maßungenauigkeiten in der Kunststofftechnik.....	159
13.1.1 Fertigungsbedingte Maßabweichungen.....	160
13.1.2 Anwendungsbedingte Maßabweichungen.....	160
13.2 Ursachen für die Maßabweichungen	161
13.3 Einflussfaktoren auf Werkzeug- und Formteilmaß	162
13.4 Verarbeitungsschwindung.....	163
13.5 Beispiel zur Tolerierung von Kunststoffteilen	163
13.5.1 Verteilungsgesetzmäßigkeit	163
13.5.2 Auswertung	163
13.5.2.1 Ermittlung des Maßverhaltens	163
13.5.2.2 Ermittlung der Schwindungsverteilung.....	165
14 Rechnerunterstützte Toleranzsimulation.....	167
15 Voraussetzung für die Statistische Tolerierung	172
A Anhang	174
B Glossar	181
C Fallbeispiele zur Statistischen Tolerierung.....	203
D Einige Softwareprogramme zur Tolerierung.....	218
E Literatur	220
Stichwortverzeichnis	225