

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
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
F	Stichwortverzeichnis	225