

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Stand der Technik	3
2.1	Bemaßung und Tolerierung	3
2.1.1	Maße und Maßtoleranzen	3
2.1.2	Form- und Lagetoleranzen	4
2.1.3	Allgemeintoleranzen	5
2.2	Toleranzwertermittlung	6
2.3	GPS-Normung	8
2.4	Methodische Vorgehensweisen	11
2.4.1	Konventionelle Maß-, Form- und Lagetolerierung	12
2.4.2	Vektorielle Tolerierung	13
2.4.3	Statistische Tolerierung	14
2.5	Rechnergestützte Bemaßung und Tolerierung	16
3	Problemstellung und Zielsetzung	18
3.1	Problemstellung	18
3.2	Zielsetzung	20
4	Basiswissen – Grundlagen zur Anwendung der Methodik	21
4.1	Systematik der Elemente	21
4.1.1	Formelement (FE)	22
4.1.1.1	Formelement – vollständig oder abgeleitet	23
4.1.1.2	Regelement	24
4.1.1.3	Repräsentationselement (RE)	24
4.1.2	Einzelement (EE)	26
4.1.3	Gemeinschaftselement (GE)	26
4.1.3.1	Abgeleitetes Gemeinschaftselement	27
4.1.3.2	Zusammengeführtes Gemeinschaftselement	27
4.1.3.3	Sonderfälle: Teilung, Kreisteilung und Profile	28
4.1.4	Funktionsgruppe (FG)	30
4.1.4.1	Aufbau der Funktionsgruppe	31
4.1.4.2	Repräsentationselemente der Funktionsgruppe	32
4.1.5	Bezugselement	33
4.1.5.1	Bezugselemente der Funktionsgruppe (BE _{FG})	33
4.1.5.2	Maßbezugselemente	34
4.1.6	Toleriertes Element	34
4.1.7	Passelement	35
4.1.8	Funktionswichtiges bzw. -relevantes Formelement	35
4.1.9	Parametrisiertes Funktionselement	36
4.1.10	Elementdefinitionen auf einen Blick	36
4.2	Analyse der geometrischen Werkstückbeschreibung	39

4.2.1	Toleranzsystem	39
4.2.1.1	Zusammenhang zwischen Maß-, Form- und Lagetoleranzen	39
4.2.1.2	Reduzierung des Toleranzsystems	39
4.2.2	Lagedefinition	41
4.2.2.1	Lagefestlegung der Regelelemente	41
4.2.2.2	Optimierung der Toleranzstruktur	44
4.2.2.3	Lagedefinition funktionell gleichwertiger Formelemente	45
4.2.3	Bezüge / Bezugssystem	47
4.2.3.1	Einfacher Bezug	47
4.2.3.2	Bezugssysteme	48
4.2.3.3	Auswahl von Bezügen	49
4.2.3.4	Funktionsgruppen und Bezüge	50
4.3	Bemaßung	51
4.3.1	Elemente der Maßeintragung	51
4.3.1.1	Maßlinien und Maßlinienbegrenzung	51
4.3.1.2	Maßzahlen und Symbole zur Formbeschreibung	51
4.3.2	Maße	51
4.3.2.1	Längenmaß	51
4.3.2.2	Nicht tolerierte Maße	52
4.3.2.3	Maßgruppen	52
4.3.2.4	Winkelmaße	53
4.3.3	Arten der Maßeintragung	53
4.3.4	Funktions-, fertigungs- und prüfbezogene Maßeintragung	55
4.3.4.1	Funktionsbezogene Maßeintragung	55
4.3.4.2	Fertigungsbezogene Maßeintragung	56
4.3.4.3	Prüfbezogene Maßeintragung	56
4.4	Maß-, Form- und Lagetolerierung	57
4.4.1	Allgemeintoleranzen	57
4.4.2	Maßtoleranzen	58
4.4.2.1	Zweipunktmessung	58
4.4.2.2	Einschränkung bei Anwendung der Maßtolerierung	59
4.4.2.3	Hüllbedingung	60
4.4.2.4	Bemaßung mit Ursprungskreis	61
4.4.2.5	Winkelmaßtolerierung	63
4.4.3	Lagetolerierung	64
4.4.3.1	Zusammenhang von Neigungs- und Winkelmaßtoleranz	65
4.4.3.2	Zusammenhang von Maß- und Positionstoleranz	65
4.4.4	Form- und Profilltoleranzen	66
4.4.4.1	Zusammenhang von Maß- und Formtoleranzen	66
4.4.4.2	Profilltoleranzen	66
4.4.4.3	Gemeinsame Toleranzzone	67
4.5	Toleranzangabenoptimierung	67
4.5.1	Lauftoleranzen	68
4.5.2	Toleranzzonen	70
4.5.2.1	Toleranzzonen der Maß- und Winkelmaßtoleranzen	71
4.5.2.2	Ausdehnung und Lage der Toleranzzone	73
4.5.3	Maximum-Material-Bedingung (MMB)	74

4.6	Quantitative Tolerierung – Toleranzwertfestlegung	74
4.6.1	Toleranzwertermittlung	75
4.6.2	Analyse der oberen und unteren Toleranzgrenze	77
4.6.2.1	Obere Grenzwertanalyse der Form- und Lagetoleranzen	78
4.6.2.2	Obere Grenzwertanalyse der Maßtoleranzen	79
4.7	Zeichnungseintragung	80
5	Methodik zur Bemaßung und Tolerierung	82
5.1	Ablaufplan	83
5.2	Schritte der Methodik	85
5.2.1	Allgemeintoleranzen und Tolerierungsgrundsatz	85
5.2.2	Identifikation und Klassifizierung funktionswichtiger Formelemente	85
5.2.2.1	Identifikation der funktionswichtigen Elemente	86
5.2.2.2	Klassifizierung funktionswichtiger Elemente	87
5.2.2.3	Beispiel zur Identifikation und Klassifizierung	88
5.2.3	Lagekombination der Formelemente	89
5.2.3.1	Reduktion der Werkstückstruktur	90
5.2.3.2	Toleranzmatrix	91
5.2.3.3	Optimierung der Toleranzstruktur	92
5.2.3.4	Vordefinition der lagebestimmenden Toleranzen	93
5.2.4	Festlegen der Bezugsэлеmente	99
5.2.5	Bemaßung	100
5.2.5.1	Fertigungsbezogene Maßeintragung	102
5.2.5.2	Prüfbezogene Maßeintragung	115
5.2.5.3	Funktionsbezogene Maßeintragung	124
5.2.6	Maßtolerierung	132
5.2.7	Lagetolerierung	138
5.2.8	Formtolerierung	139
5.2.9	Toleranzoptimierung	142
5.2.10	Quantitative Tolerierung – Toleranzwertfestlegung	143
5.2.10.1	Toleranzwertermittlung	143
5.2.10.2	Analyse der unteren Toleranzgrenze	144
5.2.10.3	Analyse der oberen Toleranzgrenze	145
6	Anwendungsbeispiele zur Methodik	147
6.1	Gabelgelenk	147
6.1.1	Gelenkbolzen	147
6.1.1.1	Allgemeintoleranzen und Tolerierungsgrundsatz	147
6.1.1.2	Identifikation und Klassifizierung der Elemente	148
6.1.1.3	Lagekombination der Formelemente	148
6.1.1.4	Festlegen der Bezugsэлеmente	150
6.1.1.5	Bemaßung des Gelenkbolzens	150
6.1.1.6	Maßtolerierung	151
6.1.1.7	Lagetolerierung	152
6.1.1.8	Formtolerierung	152
6.1.1.9	Toleranzoptimierung	153

6.1.1.10	Toleranzwertfestlegung	154
6.1.2	Gelenkgabel	156
6.1.2.1	Allgemeintoleranzen und Tolerierungsgrundsatz.....	156
6.1.2.2	Identifikation und Klassifizierung der Elemente	156
6.1.2.3	Lagekombination der Formelemente	157
6.1.2.4	Festlegen der Bezugsэлеmente	158
6.1.2.5	Bemaßung der Gelenkgabel	159
6.1.2.6	Maßtolerierung	160
6.1.2.7	Lagetolerierung	161
6.1.2.8	Formtolerierung	161
6.1.2.9	Toleranzoptimierung	161
6.1.2.10	Toleranzwertfestlegung	162
6.2	Abtriebswelle eines Stirnradgetriebes	164
6.2.1	Allgemeintoleranzen und Tolerierungsgrundsatz	164
6.2.2	Identifikation und Klassifizierung der Elemente	164
6.2.3	Lagekombination der Formelemente	166
6.2.4	Festlegen der Bezugsэлеmente	169
6.2.5	Bemaßung der Antriebswelle	170
6.2.6	Maßtolerierung	171
6.2.7	Lagetolerierung	172
6.2.8	Formtolerierung	172
6.2.9	Toleranzoptimierung	173
6.2.10	Toleranzwertfestlegung	174
6.3	Klemmhebel	177
6.3.1	Allgemeintoleranzen und Tolerierungsgrundsatz	178
6.3.2	Identifikation und Klassifizierung der Elemente	178
6.3.3	Lagekombination der Formelemente	179
6.3.4	Festlegen der Bezugsэлеmente	179
6.3.5	Bemaßung des Klemmhebels	180
6.3.6	Maßtolerierung	181
6.3.7	Lagetolerierung	181
6.3.8	Formtolerierung	181
6.3.9	Toleranzoptimierung	181
6.3.10	Toleranzwertfestlegung	182
7	Zusammenfassung und Ausblick	185
8	Dokumentation	189
8.1	Literatur	189
8.2	Normen	192
8.2.1	DIN-Normen	192
8.2.2	ISO-Normen	193
8.3	Sonstige Dokumentation.....	195