

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

V

Abkürzungsverzeichnis

XI

1	Einführung	1
1.1	Übersicht und Struktur des Buches	1
1.2	Bedeutung und Entwicklung der Fertigungsmesstechnik	3
1.3	Fertigungsmesstechnik innerhalb des Qualitätsmanagements	6
1.4	Ausbildung in der Fertigungsmesstechnik	9
2	Grundlagen der Fertigungsmesstechnik	12
2.1	Übersicht.....	12
2.2	Grundbegriffe, Definitionen	13
2.2.1	Normen, Richtlinien und GPS	16
2.2.2	Maße und Maßtoleranzen	17
2.2.3	SI Einheitensystem	18
2.2.4	Bewegungsmöglichkeiten eines starren Körpers im Raum	19
2.3	Maßverkörperungen, Laserinterferometer, Messsysteme	20
2.3.1	Endmaße, Parallelendmaße.....	20
2.3.2	Laserinterferometer.....	23
2.3.3	Digitale Messsysteme für Länge und Winkel.....	32
2.4	Messunsicherheit und deren Ursachen	34
2.4.1	Bedeutung der Messunsicherheit	35
2.4.2	Entscheidungsregeln beim Prüfen von Werkstücken	35
2.4.3	Ursachen für Messunsicherheit.....	38

2.4.4	Statistische Grundbegriffe zur Ermittlung der Messunsicherheit.....	47
2.4.5	Grundlegende Begriffe im Zusammenhang mit Messunsicherheit	48
2.4.6	Methoden zur Ermittlung der Messunsicherheit.....	50
2.4.7	Korrekte Angabe von Messergebnissen	55
2.4.8	Maßnahmen zur Verringerung der Messunsicherheit.....	55
2.4.9	Vereinfachte Vorgehensweise	56
2.4.10	Messunsicherheitsbestimmung, ein Beispiel aus der Praxis.....	56
3	Messtechnik im Betrieb und Messraum	59
3.1	Übersicht.....	59
3.2	Koordinatenmesstechnik	60
3.2.1	Grundlagen.....	60
3.2.2	Aufbau von Koordinatenmessgeräten.....	65
3.2.3	Bauarten von Koordinatenmessgeräten	76
3.2.4	Messunsicherheit von Koordinatenmessgeräten.....	82
3.3	Form- und Lagemesstechnik	85
3.3.1	Grundlagen.....	85
3.3.2	Form- und Lagetolerierung.....	86
3.3.3	Form- und Lageprüfverfahren	92
3.4	Oberflächen- und Konturmesstechnik	98
3.4.1	Grundlagen.....	98
3.4.2	Oberflächen- und Konturprüfgeräte.....	108
3.5	Präzisionsmesstechnik, Abbekomparator, Endmaßprüfung.....	112
3.6	Messräume, Anforderungen, Gestaltung, Klimatisierung.....	115
3.6.1	Grundlagen.....	115
3.6.2	Kenngrößen.....	116
3.6.3	Klassifikation	118
3.6.4	Architektur und Ausrüstung.....	118
4	Fertigungsorientierte Messtechnik	121
4.1	Übersicht.....	121
4.2	Messmittel und Lehren für Werkstatt und Produktion	122
4.2.1	Lehren, Taylorscher Grundsatz.....	122
4.2.2	Längenaufnehmer, Messsignal, Skalen- und Ziffernanzeige.....	125
4.2.3	Messuhr und Feinzeiger, mechanisch	127

4.2.4	Längenmessgeräte, induktiv, kapazitiv, analog / digital	129
4.2.5	Längenmessgeräte, pneumatisch	133
4.3	Messvorrichtungen / Mehrstellenmesstechnik	135
4.3.1	Baukastensysteme für Messvorrichtungen	136
4.3.2	Messautomaten, Messzellen und Automatisierungstechnik	138
4.4	Messen in der Maschine, Längenregelung	139
4.4.1	Beherrschte Fertigung/Produktion	139
4.4.2	Messsteuerung beim Außenrundschleifen	141
4.4.3	Weitere Einsatzgebiete von Messsteuerungen	142
4.5	Sichtprüfung und deren Automatisierung	142
4.5.1	Arten visueller Prüfungen	142
4.5.2	Sichtprüfung durch den Menschen	144
4.5.3	Automatisierte Sichtprüfung mit Bildverarbeitung	147
4.5.4	Systemintegration in die Produktion	162
4.6	Statistische Prozessregelung (SPC)	164
4.6.1	Grundlagen	164
4.6.2	Qualitätsfähigkeitskennzahlen	169
4.6.3	Kurzzeitfähigkeit	171
4.6.4	Vorläufige und Langzeit-Prozessfähigkeit	172
4.6.5	Qualitätsregelkarten (QRK)	173
5	Berührungslos / optische Messverfahren	176
5.1	Übersicht	176
5.2	Entwicklung und Ordnungssystem	177
5.2.1	Entwicklung	177
5.2.2	Ordnungssystem	178
5.3	Integrierbare optische Sensoren	182
5.3.1	Laser-Autofokusverfahren (1D)	182
5.3.2	Chromatischer Sensor (1D)	183
5.3.3	Lasertriangulation (1D, 2D)	184
5.3.4	Konoskopische Holografie (1D, 2D)	187
5.3.5	Kombination: Streifenprojektion (3D) / Bildverarbeitung (2D)	188
5.4	Eigenständige optische Messsysteme (1D bis 2.5D)	189
5.4.1	Laserscanner (2D)	189
5.4.2	Messmikroskop	190
5.4.3	Konfokal-Mikroskop	191

5.4.4	Weißlicht-Interferometrie	193
5.4.5	Profilprojektor.....	194
5.4.6	Messverfahren am Bild und im Bild.....	195
5.4.7	Optische 2,5D - Koordinatenmesstechnik	196
5.5	Optische 3D-Koordinatenmesstechnik	201
5.5.1	Streifenprojektions- / Topometrie- / Moireeverfahren	203
5.5.2	Theodolit.....	205
5.5.3	Fotogrammetrie.....	206
5.5.4	Lasertracker	207
5.6	Stationäre optische und tomografische 3-D-Messsysteme.....	209
5.6.1	Indoor GPS	209
5.6.2	Computertomografie (3D)	211
5.7	Systemintegration und Standardisierung optischer Sensoren.....	212
6	Mikromesstechnik	215
6.1	Einführung.....	215
6.2	Mikro-Koordinatenmesstechnik	216
6.3	Funktionsprüfungen und Ausblick	218
7	Prüfmittelmanagement	219
7.1	Übersicht.....	219
7.2	Bedeutung und Zusammenhänge	220
7.3	Beherrschte Prüfprozesse	221
7.3.1	Fähigkeit des Messmittels, Verfahren 1	222
7.3.2	Fähigkeit eines Messprozesses mit Bedienereinfluss, Verfahren 2.....	224
7.3.3	Fähigkeit eines Messprozesses ohne Bedienereinfluss, Verfahren 3	227
7.3.4	Messbeständigkeit eines Messprozesses, Verfahren 4	228
7.3.5	Fähigkeit für Prüfprozesse bei attributiven Merkmalen, Verfahren 5	229
7.4	Prüfplanung	230
7.4.1	Prüfplanerstellung.....	230
7.4.2	Funktions- und prozessorientierte Prüfplanung.....	232
7.4.3	Prüfplanung und beherrschte Fertigung.....	233
7.4.4	Kalibrierwesen, Rückführbarkeit.....	235
7.4.5	Prüfmittelverwaltung	238

8	Literatur- und Normenverzeichnis	240
8.1	Literaturverzeichnis	240
8.1.1	Einführung	240
8.1.2	Grundlagen der Fertigungsmesstechnik	241
8.1.3	Messen im Betrieb und Messraum	241
8.1.4	Fertigungsorientierte Messtechnik	241
8.1.5	Berührungslos/optische Messverfahren	242
8.1.6	Prüfmittelmanagement	242
8.2	Verzeichnis der Normen und Richtlinien	242
8.2.1	Einführung	242
8.2.2	Internationale Normen	244
8.2.3	Nationale Normen	246
8.2.4	Nationale Richtlinien	251
8.3	Wichtige metrologische Institutionen, LINKS	255
8.3.1	Metrologieorganisationen	255
8.3.2	Normenorganisation	255
8.3.3	Akkreditierungsorganisationen	255
8.3.4	National Metrology Institute	256
	Sachwortverzeichnis	257
	Dictionary English-German	268