

Inhaltsverzeichnis

0	Formel- und Kurzzeichen.....	III
1	Einleitung	1
2	Grundlagen und Stand der Technik.....	3
2.1	Einführung in die Fertigungsmesstechnik	3
2.1.1	Taktile Koordinatenmesstechnik.....	5
2.1.2	Optische Koordinatenmesstechnik	6
2.1.3	Multisensor-Koordinatenmesstechnik.....	7
2.2	Industrielle Computertomographie in der dimensionellen Messtechnik.....	8
2.2.1	Physikalische Grundlagen.....	8
2.2.2	Bildrekonstruktion	13
2.2.3	Aufnahmegeometrien.....	15
2.3	Messunsicherheit in der Koordinatenmesstechnik	17
2.3.1	Grundlagen	17
2.3.2	Ursachen	19
2.3.3	Ermittlungsmethoden	22
2.3.4	Prüfkörper zum Nachweis der Messunsicherheit für die industrielle Computertomographie	27
2.4	Messaufgaben und Applikationen.....	29
3	Zielsetzung und Vorgehensweise	31
4	Versuchsbedingungen	35
4.1	Versuchseinrichtung.....	35
4.2	Messtechnik	36
4.3	Werkstoffe	37
5	Automatisierte Extraktion von Geometrieelementen	43
5.1	Methodische Beschreibung von Geometrieelementen.....	43
5.1.1	Messobjektrepräsentation anhand von Computernmodellen	44
5.1.2	Automatisierte Messobjektausrichtung	45
5.1.3	Elementextraktion aus digitalen Produktmodellen	49
5.2	Geometrieelemente für die industrielle Computertomographie	51
5.2.1	Definition.....	51
5.2.2	Auswahl	52
5.3	Prüfkörper für die industrielle Computertomographie.....	53
5.3.1	Anforderungen	53
5.3.2	Konstruktive Integration der Geometrieelemente	54
6	Entwicklung eines Grauwert-Parameter-Modells	57
6.1	Nutzen eines Grauwert-Parameter-Modells.....	57
6.2	Messdatenerfassung	58
6.3	Auswertung der Computertomographie Daten.....	62
6.3.1	Werkstoffgruppe Polymere/Aluminiumlegierungen.....	62
6.3.2	Werkstoffgruppe Stahl-/Titanlegierungen	71
6.4	Werkstoffabhängige Modellbildung.....	77
6.4.1	Kriterien zur Bewertung der Abbildegenauigkeit der Modelle	78
6.4.2	Polymere.....	80
6.4.3	Aluminiumlegierungen.....	90

6.4.4	Titanlegierungen	96
6.4.5	Stahllegierungen	97
6.4.6	Modellverknüpfung	98
6.5	Validierung des Grauwert-Parameter-Modells	102
6.5.1	Außerhalb der Aufnahmeparametergrenzen	102
6.5.2	Weitere Werkstoffe	103
6.5.3	Mehrmaterial-Messobjekte	104
6.6	Regelbasierte Auswahl der Aufnahmeparameter	106
7	Merkmalsbasiertes Messunsicherheitsmodell	111
7.1	Versuchsdurchführung	111
7.2	Ermittlung der Messunsicherheit	112
7.2.1	Messtechnische Erfassung der Referenzwerte	112
7.2.2	Messunsicherheit der taktilen Referenzmessungen	113
7.2.3	Computertomographische Erfassung der Geometriemerkmale	116
7.2.4	Messunsicherheit der Computertomographie Messungen	117
7.3	Werkstoffabhängiger Einfluss der untersuchten Aufnahmeparameter auf die Messunsicherheit für außenliegende Geometriemerkmale	118
7.3.1	Polymere	118
7.3.2	Aluminiumlegierungen	129
7.3.3	Titanlegierungen	150
7.3.4	Stahllegierungen	158
7.4	Werkstoffabhängiger Einfluss der untersuchten Aufnahmeparameter auf die Messunsicherheit für innenliegende Geometriemerkmale	168
7.4.1	Polymere	168
7.4.2	Aluminiumlegierungen	177
7.4.3	Titanlegierungen	185
7.4.4	Stahllegierungen	193
7.5	Bildung des merkmalsbasierten Messunsicherheitsmodells	203
7.5.1	Messunsicherheitsbudget	203
7.5.2	Modellierung	204
7.5.3	Verknüpfung und Implementierung	207
7.6	Validierung des Messunsicherheitsmodells anhand realer Bauteile	208
7.6.1	Leiterplattensteckerleiste	208
7.6.2	Druckgussgehäuse	211
7.6.3	Modellimplantat	214
7.7	Integration des Nutzerunterstützungssystems	219
7.7.1	Messablauf	219
7.7.2	Standardisierte Datenschnittstellen	221
7.7.3	Implementierung	222
8	Zusammenfassung und Ausblick	225
9	Literaturverzeichnis	229