

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>X</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>XIV</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>XV</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 ZF Friedrichshafen AG . . . . .	1
1.1.1 Der Konzern . . . . .	1
1.1.2 Der Standort Passau . . . . .	2
1.2 Problemstellung und Zielsetzung . . . . .	3
<b>2 Grundlagen und Stand der Technik</b>	<b>5</b>
2.1 Fertigung im industriellen Produktionsprozess . . . . .	5
2.1.1 Industrielle Produktion . . . . .	5
2.1.2 Werkzeugmaschinen . . . . .	5
2.1.3 NC und CNC . . . . .	6
2.1.4 CAx-Methoden und -Systeme . . . . .	8
2.1.5 CAD-Features . . . . .	13
2.1.6 Application-Programming-Interface (API) . . . . .	13
2.2 Qualität im industriellen Produktionsprozess . . . . .	14
2.2.1 Zum Begriff Qualität . . . . .	14
2.2.2 Qualitätsmanagement . . . . .	15
2.2.3 Qualitätsprüfung . . . . .	16
2.3 Fertigungsmesstechnik . . . . .	17
2.3.1 Einführung . . . . .	17
2.3.2 Prüfen . . . . .	18
2.3.3 Prüfverfahren . . . . .	18
2.3.4 Überwachen und Regeln . . . . .	20
2.3.5 Messprinzip, Messmethode, Messverfahren, Messstrategie . . . . .	20
2.3.6 Messgeräte . . . . .	22
2.3.7 Geometrietoleranzen . . . . .	22
2.3.8 Koordinatenmesstechnik . . . . .	27
2.3.9 Form- und Lagemesstechnik . . . . .	30
2.3.10 Steuerung von Koordinaten- und Formmessgeräten . . . . .	31

2.3.11	Erfassung von Messdaten und Messergebnissen . . . . .	34
2.3.12	Programmierung von Koordinatenmessgeräten . . . . .	35
2.3.13	Datenaustausch und Schnittstellen in der Messprogrammerstel- lung . . . . .	37
2.4	Methoden der Prüfplanung . . . . .	39
2.4.1	Einführung in die Prüfplanung . . . . .	39
2.4.2	Prüfplanung nach Norm . . . . .	40
2.4.3	Prüfplanung in Zeiten von CAx . . . . .	42
<b>3</b>	<b>Analyse der Ausgangssituation</b>	<b>44</b>
3.1	Qualitätsplanung und Qualitätslenkung am ZF Standort Passau . . . . .	44
3.1.1	Einführung . . . . .	44
3.1.2	Prüfplanung . . . . .	46
3.2	Softwaresysteme in der 3D-Prozesskette / Prüfplanung . . . . .	49
3.3	Analyse der CAD-Ausgangsdaten . . . . .	54
3.3.1	3D-CAD-Modellierungsstrategien . . . . .	54
3.3.2	CAD-Geometriebemaßung . . . . .	55
3.3.3	Annotation feature - Anmerkungs-KE . . . . .	56
3.3.4	IDs von Konstruktionselementen (KE-IDs) . . . . .	58
3.3.5	Fertigungskennzeichen . . . . .	59
3.4	Hardwarevoraussetzungen für die Messprogrammerstellung von Stahl- teilen . . . . .	60
3.5	Einführung in die Messprogrammerstellung mit MarWin . . . . .	62
3.5.1	Softwareaufbau und Dateistruktur . . . . .	62
3.5.2	MarWin Messprogrammerstellung im Bereich Stahlfertigung . . . . .	64
3.5.3	Syntax von Messprogrammen und Makros . . . . .	67
3.6	Einführung in die Messprogrammerstellung mit Zeiss Calypso . . . . .	72
3.6.1	Softwareaufbau und Dateistruktur . . . . .	72
3.6.2	Calypso Messprogrammerstellung in der Stahl- u. Gussfertigung . . . . .	73
3.7	Probleme bei der Nutzung von 3D-CAD-Modellen für die Messprogram- merstellung . . . . .	79
<b>4</b>	<b>Methode zur automatisierten Messprogrammerstellung mit MarWin</b>	<b>82</b>
4.1	Anforderungen an die Methode . . . . .	82
4.2	Konzept der Methode . . . . .	83

4.3	Modul 1: „PMLesen“ . . . . .	85
4.3.1	Anforderungen an das CAD-Modell . . . . .	85
4.3.2	Auslesen von CAD-Informationen . . . . .	88
4.3.3	Formatierung der Ausgabedaten . . . . .	92
4.4	Modul 2: „TAbgleich“ . . . . .	95
4.4.1	Qualitätsinformationen im ERP-System SAP . . . . .	95
4.4.2	Toleranzdatenabgleich zwischen SAP und „GeomTol.txt“ . . . . .	96
4.5	Modul 3: „MPCreator“ . . . . .	99
4.5.1	Festlegung von Messstrategien . . . . .	99
4.5.2	Ausgabe des Messprogrammquellcodes . . . . .	99
<b>5</b>	<b>Verifikation und Bewertung der Methode</b>	<b>101</b>
5.1	Verifikation . . . . .	101
5.1.1	Festlegungen zum CAD-Modell und den Messstrategien . . . . .	101
5.1.2	Testdurchführung . . . . .	107
5.2	Nutzwertanalyse und Diskussion der Ergebnisse . . . . .	112
<b>6</b>	<b>Featurebasierte CAD-Modelldaten zur automatisierten Messprogrammerstellung</b>	<b>115</b>
6.1	Allgemeines zu CAD-Methode und CAD-Modellierung . . . . .	115
6.2	Nutzung von UDFs Einstich-Formelementen . . . . .	116
6.3	Automatisierte Erzeugung von Messelementen bei Bohrungen . . . . .	119
<b>7</b>	<b>Einführungsstrategie und Kosten-Nutzen-Analyse</b>	<b>121</b>
7.1	Verwaltung von Messprogrammen und Messprotokollen im FDM-System	121
7.2	Strategie zur Einführung der automatisierten Messprogrammerstellung .	124
7.3	Kosten-Nutzen-Analyse . . . . .	124
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>127</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>130</b>
	<b>Anhang</b>	<b>XV</b>
	Screenshotverzeichnis Onlinequellen . . . . .	XVI
	Tabellenverzeichnis . . . . .	XVII
	Quellcodeverzeichnis . . . . .	XVIII
<b>A</b>	<b>Anhang - Screenshots Onlinequellen</b>	<b>A/1</b>

<b>B Anhang - Tabellen</b>	<b>B/1</b>
<b>C Anhang - Quellcodes</b>	<b>C/1</b>