

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	11
Tabellenverzeichnis.....	15
Abkürzungsverzeichnis	17
Formelzeichen.....	19
1 Einleitung	21
1.1 Motivation	21
1.2 Vorgehensweise.....	23
2 Stand der Technik	27
2.1 Klassische CAD/CAM-Kette	27
2.2 Fehlerquellen der NC-Programm- und Arbeitsvorbereitung	29
2.3 Funktionsprinzip von NC-Steuerungen an Werkzeugmaschinen.....	32
2.3.1 Mensch-Maschine-Schnittstelle/Human Machine Interface	33
2.3.2 NC	36
2.3.3 PLC.....	38
2.4 Simulation von NC-Programmen	41
2.4.1 CAD/CAM NC-Simulation	42
2.4.2 Software-in-the-Loop-Kopplung	44
2.4.3 Hardware-in-the-Loop-Kopplung.....	44
2.4.4 Weitere Kopplungsmöglichkeiten.....	46
2.5 Virtual Reality	47
2.6 Forschungsansätze zur Verbesserung der Simulation von NC- Programmen.....	52
2.6.1 Desktopbasierte Ansätze.....	53
2.6.2 VR-basierte Ansätze.....	54
2.7 Zusammenfassung Stand der Technik.....	56

3	Zielsetzung	59
4	Hardware-in-the-Loop-Kopplung	63
4.1	Kopplungsmöglichkeiten PROFIBUS	64
4.1.1	Konzept	64
4.1.2	Umsetzung	66
4.2	Kopplungsmöglichkeiten DDE	69
4.2.1	Konzept	69
4.2.2	Umsetzung	71
4.3	Vergleich PROFIBUS – DDE	79
5	VR-gestützte Abtragssimulation	83
5.1	Aufbereitung des virtuellen Maschinenmodells für die VR-Simulation	83
5.1.1	Konzept zur Aufbereitung des Maschinenmodells	84
5.1.2	Umsetzung Maschinenmodellaufbereitung am Beispiel einer 5-Achs-Fräsmaschine	87
5.2	Materialabtragssimulation mittels VRML	90
5.2.1	Konzept Materialabtragssimulation mittels Nagelbrettmodellmethode	90
5.2.2	Umsetzung der Nagelbrettmethode am Beispiel einer 5-Achs-Fräsmaschine	93
5.3	Materialabtragssimulation mittels Constructive Solid Geometry	105
5.3.1	Konzept für eine Materialabtragssimulation mittels Sweep-Volumen	105
5.3.2	Umsetzung der Materialabtragssimulation mittels Sweep-Volumen	111
6	Verifikation der entwickelten Methodik	123
6.1	Übertragung der entwickelten Methodik auf das 3-Achs-BAZ DMP 45 V linear	125
6.2	Durchführung der Zerspanversuche	128
6.3	Auswertung der Zerspanversuche	131
6.4	Rückschlüsse auf die Methodik	140

7 Zusammenfassung und Ausblick	143
Literaturverzeichnis.....	147
Anlagen	159
Anlage A: Einrichten der Simulationsrechneranbindung auf der NC- Steuerung	161
Anlage B: Anpassen des VRML-Maschinenmodells für den SINUMERIK MS	169
Anlage C: Achsdatenerfassung NCdata3.exe	173
Anlage D: Funktionsnachweis I SweepGUI, Kapitel 5.3.2	183
Anlage E: Funktionsnachweis II SweepGUI, Kapitel 5.3.2	185
Anlage F: Werkstückzeichnungen.....	187