

<u>Inhaltsverzeichnis</u>		Seite
0.1 Formelzeichen		1
0.2 Mathematische Operatoren		2
1 Einleitung		3
2 Anforderungsprofil		3
2.1 Analyse von Kollisionen		4
2.2 Diskussion verschiedener Kollisionsschutzsysteme		6
2.2.1 Mechanisch wirkende Vorrichtungen oder Systeme mit Sensoren		
2.2.2 Steuerungstechnische Lösungen		7
2.2.3 Erzeugung kollisionsfreier Teileprogramme		8
2.3 Ansatz für ein umfassendes Kollisionsschutzsystem		9
2.3.1 Überwachung der geometrischen Eingaben und Funktionen der Steuerungen durch die Geometrieverwachung		14
2.3.2 Überwachung der maschinennahen Steuerungsfunktionen durch die Bahnüberwachung		14
2.4 Beschreibung des Versuchsaufbaus		15
3 Geometrieverwachung		18
3.1 Aufgabenstellung für die Geometrieverwachung		18
3.1.1 Problematik der Kollisionserkennung mittels Rechenmodell		18
3.1.2 Lösungsansatz für die Geometrieverwachung		19
3.1.3 Betriebsarten von Maschine und Steuerung		21
3.2 Anforderungen an die Hardware		24

	Seite
<b>3.3 Auswahl und Beschreibung des Modells für die Kollisionsbetrachtung</b>	<b>26</b>
<b>3.3.1 Diskussion möglicher Darstellungsformen des Arbeitsraumes</b>	<b>26</b>
<b>3.3.2 Darstellung des Maschinenraumes</b>	<b>31</b>
<b>3.3.3 Darstellung des Werkstückes</b>	<b>32</b>
<b>3.3.4 Darstellung der bewegten Schlittenkontur mit den Werkzeugen</b>	<b>33</b>
<b>3.3.5 Berücksichtigung des Verfahrweges des Werkzeugschlittens</b>	<b>38</b>
<b>3.3.6 Die technologischen Zerspanbedingungen</b>	<b>43</b>
<b>3.3.7 Definition der Schneide</b>	<b>45</b>
<b>3.4 Kollisionserkennung</b>	<b>48</b>
<b>3.4.1 Methoden zur Erkennung von Überschneidungen von Polygonzügen</b>	<b>48</b>
<b>3.4.2 Mathematische Beschreibung der Polygonzüge</b>	<b>51</b>
<b>3.4.3 Verschneidung von zwei Strecken</b>	<b>52</b>
<b>3.4.4 Optimierung des Zeitverhaltens des Rechenalgorithmus</b>	<b>54</b>
<b>3.5 Simulation der Zerspanung</b>	<b>56</b>
<b>3.6 Stabilität des Rechenalgorithmus</b>	<b>59</b>
<b>3.7 Der Kollisionsschutz in den Betriebsarten der Steuerung</b>	<b>61</b>
<b>3.7.1 Automatikbetrieb und Einzelsatzbetrieb</b>	<b>61</b>
<b>3.7.2 Handbetrieb</b>	<b>63</b>
<b>3.7.3 Referenzpunktfahren</b>	<b>68</b>
<b>3.7.4 Betriebsartenwechsel</b>	<b>69</b>
<b>3.8 Schnittstelle zum Benutzer</b>	<b>71</b>
<b>3.8.1 CAD-Koppelung für die Modellierung von Konturen</b>	<b>72</b>
<b>3.8.2 Interaktive Modellierung der Konturzüge im Kollisionsschutzsystem</b>	<b>73</b>
<b>3.8.3 Graphische Ausgabe</b>	<b>75</b>
<b>3.8.4 Verwaltung der Konturdateien</b>	<b>76</b>

	Seite
3.8.5 Status- und Fehleranzeige	77
4 Bahnüberwachung	79
4.1 Anforderungsprofil für die Bahnüberwachung	79
4.1.1 Verfahren des Werkzeugschlittens	80
4.1.2 Verfahren von Reitstock und Lünette	81
4.1.3 Werkzeugwechsel	82
4.1.4 Drehung der Hauptspindel mit Spannfutter und Werkstück	82
4.2 Lösungsansatz für die Bahnüberwachung	83
4.3 Bestimmung der Sollwerte	84
4.3.1 Lineare Bewegung	85
4.3.2 Synchronisation bei der Gewindebearbeitung	90
4.3.3 Kreisbewegung	90
4.3.4 Hauptspindel und die Betrachtung der Drehzahl	94
4.4 Ablauf des Überwachungsvorganges	95
4.4.1 Automatikbetrieb	95
4.4.2 Handbetrieb	96
4.4.3 Referenzpunktfahren	96
4.5 Aufbau der Hardware	98
4.5.1 Prozessorplatine	98
4.5.2 Lagemeßsystem	98
4.5.3 Auswerteelektronik für das Lagemeßsystem	99
4.5.4 Maßnahmen im Fehlerfall	101
5 Beschreibung des Programmaufbaus	104
5.1 Verwendete Programmiersprache	104
5.2 Aufteilung des Programmes in Funktionsmodule	105

	Seite
<b>5.3 Run-Time-Interface</b>	<b>108</b>
<b>5.4 Datentransfer Kollisionsschutz-Steuerung</b>	<b>109</b>
<b>6 Erweiterungsmöglichkeiten des Kollisionsschutzsystems</b>	<b>111</b>
<b>6.1 Kollisionsschutz für die 4-Achsen-Drehbearbeitung</b>	<b>111</b>
<b>6.2 Automatische Erfassung der kollisionsrelevanten Konturen durch Sensoren</b>	<b>114</b>
<b>7 Zusammenfassung</b>	<b>116</b>
<b>8 Literaturverzeichnis</b>	<b>118</b>