

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Überwachen von Fertigungseinrichtungen</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Ausgangssituation</b>	<b>5</b>
2.1	Grundbegriffe für die Überwachung technischer Systeme	5
2.2	Überwachungsgegenstand Werkzeugmaschine	7
2.3	Stand der Technik	8
2.3.1	Erkennung und Diagnose von Fehlern im Funktionsbereich Steuerung	9
2.3.2	Überwachung des Bearbeitungsprozesses	10
2.3.3	Überwachung des Funktionsbereichs Maschine	11
2.3.4	Zusammenfassung des Stands der Technik	13
<b>3</b>	<b>Problemstellung</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>Zielsetzung</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Vorgehensweise bei der Überwachung von Werkzeugmaschinen</b>	<b>18</b>
5.1	Mustererkennung als Instrumentarium der Fehlerdiagnose	18
5.1.1	Grundlagen der Mustererkennung	19
5.1.2	Grundstruktur eines Mustererkennungssystems	20
5.2	Konzept zur Erkennung und Diagnose von Fehlern an Drehmaschinen	23
5.3	Systemidentifikation und mathematische Modellbildung zur Merkmalsgewinnung	25

<b>5.4</b>	<b>Klassifikation von Mustern zur Diagnose und Prognose</b>	<b>30</b>
<b>5.4.1</b>	<b>Konventionelle Klassifikationsverfahren</b>	<b>31</b>
<b>5.4.1.1</b>	<b>Statistische Klassifikatoren</b>	<b>31</b>
<b>5.4.1.2</b>	<b>Geometrische Klassifikatoren</b>	<b>33</b>
<b>5.4.2</b>	<b>Neuronale Netze als adaptive Klassifikatoren</b>	<b>35</b>
<b>5.4.3</b>	<b>Vergleich der Klassifikationsmethoden im Hinblick auf die Diagnose von Fehlern an Werkzeugmaschinen</b>	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>Modellbildung am Beispiel des Z-Vorschubantriebs einer Drehmaschine</b>	<b>43</b>
<b>6.1</b>	<b>Aufbau von Vorschubantrieben an Drehmaschinen</b>	<b>44</b>
<b>6.2</b>	<b>Modellierung relevanter Komponenten</b>	<b>45</b>
<b>6.2.1</b>	<b>Elektrischer Antrieb und Regelung</b>	<b>45</b>
<b>6.2.2</b>	<b>Modellierung von Zahnriementrieben</b>	<b>50</b>
<b>6.2.3</b>	<b>Modellierung von Gewindespindeln</b>	<b>54</b>
<b>6.2.4</b>	<b>Modellierung von Spindelmuttern, Tisch und Führung</b>	<b>58</b>
<b>6.2.5</b>	<b>Modellierung des Drehprozesses</b>	<b>62</b>
<b>6.3</b>	<b>Modelle zur Fehlerfrüherkennung</b>	<b>65</b>
<b>6.3.1</b>	<b>Modell mit Überwachungsschwerpunkt 'Prozeß'</b>	<b>65</b>
<b>6.3.2</b>	<b>Modell zur Fehlererkennung an den mechanischen Komponenten</b>	<b>68</b>
<b>7</b>	<b>Verifikation der Modellansätze</b>	<b>74</b>
<b>7.1</b>	<b>Untersuchungen zum Prozeßmodell</b>	<b>74</b>
<b>7.1.1</b>	<b>Versuchsbeschreibung</b>	<b>74</b>
<b>7.1.2</b>	<b>Auswertung der Zerspanversuche</b>	<b>77</b>

<b>7.2</b>	<b>Analyse des komplexen Vorschubmodells</b>	<b>83</b>
7.2.1	Versuchsbeschreibung und Durchführung	83
7.2.2	Adaption des theoretischen Modells	85
7.2.2.1	Einfluß der Strombegrenzung	87
7.2.3	Experimentelle Analyse fehlerhafter Betriebszustände	88
<b>7.3</b>	<b>Zusammenfassung der Ergebnisse zur Modellverifikation</b>	<b>91</b>
<b>8</b>	<b>Analyse von Verfahren zur Fehlerklassifikation</b>	<b>93</b>
<b>8.1</b>	<b>Untersuchte Klassifikatoren</b>	<b>93</b>
8.1.1	Assoziativer Speicher	94
8.1.2	Linearer Assoziator	96
8.1.3	Multilayer Perceptron mit Backpropagation	97
<b>8.2</b>	<b>Test und Vergleich der Klassifikatoren</b>	<b>101</b>
8.2.1	Analyse der Klassifikatoren anhand eines Testprozesses	101
8.2.1.1	Beschreibung der Testumgebung	102
8.2.1.2	Ergebnisse bei der Klassifikation des Testprozesses	105
8.2.2	Klassifikation der am Z-Vorschubantrieb der Versuchsmaschine gemessenen Amplitudenspektren	107
8.2.2.1	Gemessene Amplitudengänge als Trainingsdatenbasis	107
8.2.2.2	Simulierte Amplitudengänge als Trainingsdatenbasis	109
<b>8.3</b>	<b>Zusammenfassung der Klassifikationsergebnisse</b>	<b>110</b>