

Inhaltsverzeichnis

1	Überwachen von Fertigungseinrichtungen	1
2	Ausgangssituation	5
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
3	Problemstellung	14
4	Zielsetzung	16
5	Vorgehensweise bei der Überwachung von Werkzeugmaschinen	18
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

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

7.2	Analyse des komplexen Vorschubmodells	83
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
7.3	Zusammenfassung der Ergebnisse zur Modellverifikation	91
8	Analyse von Verfahren zur Fehlerklassifikation	93
8.1	Untersuchte Klassifikatoren	93
8.1.1	Assoziativer Speicher	94
8.1.2	Linearer Assoziator	96
8.1.3	Multilayer Perceptron mit Backpropagation	97
8.2	Test und Vergleich der Klassifikatoren	101
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
8.3	Zusammenfassung der Klassifikationsergebnisse	110