

Wilhelm Steger

**Wissensbasiertes
Selbstheilungs- und
Diagnosesystem für
CNC-Koordinatenmeßgeräte**

Mit 79 Abbildungen

**Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York
London Paris Tokyo
Hong Kong Barcelona
Budapest 1994**

Inhaltsverzeichnis

0	Formelzeichen und Abkürzungen.....	13
1	Einleitung.....	15
2	Problemstellung und Zielsetzung.....	17
2.1	Einführung in die Koordinatenmeßtechnik.....	17
2.1.1	Grundprinzip der 3D-Meßtechnik.....	17
2.1.2	Arbeitsweise und Aufbau von Koordinatenmeßgeräten.....	17
2.2	Integration von Koordinatenmeßgeräten in flexible..... Fertigungssysteme	19
2.3	Zuverlässigkeit integrierter Fertigungssysteme und..... Situation der Koordinatenmeßgeräte	20
2.4	Konzept für einen störungsarmen Betrieb von..... CNC-Koordinatenmeßgeräten	22
2.5	Ziele der Arbeit.....	26
3	Stand der Forschung und Technik.....	27
3.1	Selbsteilungsmechanismen bei automatischen Meßabläufen.....	27
3.1.1	Möglichkeiten und Grenzen der Selbstteilung.....	27
3.1.2	Ansätze für Selbstteilungsmechanismen.....	28
3.2	Wissensbasierte Diagnosesysteme.....	30
3.2.1	Zum Begriff der Diagnose.....	30
3.2.2	Historische Entwicklung der Diagnoseverfahren.....	31
3.2.3	Modelle zur Repräsentation von Wissen über technische Systeme....	32
3.2.4	Klassifikation und Bewertung möglicher Diagnoseverfahren..... für CNC-Koordinatenmeßgeräte	34
3.2.5	Quantitative und qualitative Verfahren zur Modellierung..... technischer Systeme	37
3.3	Methoden der qualitativen Modellierung.....	38
3.3.1	Qualitative Beschreibung statischer und dynamischer..... Systemeigenschaften	38

3.3.2	Grundsätzliche Möglichkeiten zur Auswahl der..... Systemkonstituenten	39
3.3.2.1	Der komponentenorientierte Ansatz (ENVISION).....	39
3.3.2.2	Der prozeßorientierte Ansatz (QPT).....	40
3.3.2.3	Der constraintorientierte Ansatz (QSIM).....	41
3.3.3	Weitere Ansätze.....	42
3.4	Diagnose mit QR-Methoden am Beispiel HELIX.....	42
3.5	Weitere Arbeiten über modellgestützte Diagnosesysteme.....	44
3.6	Offene Problemunkte.....	44
4	Anforderungen an ein Selbstheilungs- und Diagnose-..... system	46
4.1	Forderungen an das Gesamtkonzept.....	46
4.2	Forderungen an die Selbstheilung von Ablaufstörungen.....	48
4.3	Forderungen an das Diagnosesystem für schwerwiegende..... Störungen des Koordinatenmeßgerätes	49
5	Ein Modell zur Selbstheilung und Diagnose fertigungs-..... integrierter Koordinatenmeßgeräte	52
5.1	Überblick.....	52
5.2	Konzept der Selbstheilung.....	52
5.2.1	Elemente der Selbstheilung.....	52
5.2.1.1	Freifahren der Tasterkonfiguration.....	53
5.2.1.2	Überprüfen der Tasterkonfiguration.....	55
5.2.1.3	Wiederholen von Aktionen.....	56
5.2.1.4	Wechsel der Tasterkonfiguration.....	56
5.2.1.5	Wechsel des Werkstücks.....	57
5.2.1.6	Fortsetzung der unterbrochenen Messung eines Werkstücks.....	57
5.2.2	Die Aktionsplanung.....	57
5.2.2.1	Mögliche Zustände und Zustandsübergänge des Koordinaten-..... meßgerätes während eines Meßlaufs	58
5.2.2.2	Ableitung der Zustandsbeschreibung aus der Störfallmeldung.....	61
5.2.2.3	Wege durch den Zustandsraum.....	62
5.3	Das hybride Diagnosesystem.....	63
5.3.1	Überblick über die Architektur des Expertensystems.....	64
5.3.2	Modellbildung und modellgestützte Diagnose.....	65
5.3.2.1	Repräsentation der Struktur.....	65
5.3.2.2	Repräsentation des inneren Verhaltens von Komponenten.....	69

5.3.2.3	Repräsentation der Wechselwirkung zwischen den Komponenten....	70
5.2.3.4	Eigenschaften des gewählten Modellierungsansatzes.....	70
5.2.3.5	Der modellgestützte Diagnosealgorithmus.....	73
5.3.2.6	Der Diagnosefortschritt und seine Bewertung.....	75
5.3.2.7	Bearbeitungsstatus und Testauswahl.....	76
5.3.3	Modellbildung und empirisch-assoziative Diagnose.....	77
5.3.3.1	Prinzipielle Vorgehensweise.....	78
5.3.3.2	Der empiriegestützte Diagnosealgorithmus.....	79
5.3.3.3	Der Diagnosefortschritt und seine Bewertung.....	81
5.3.3.4	Bearbeitungsstatus und Testauswahl.....	82
5.3.4	Wechsel zwischen empirisch-assoziativer und modellgestützter..... Diagnose	84
5.3.5	Die statische Wissensbasis.....	85
5.3.5.1	Übersicht über das zu verwaltende Wissen.....	85
5.3.5.2	Die Objektklassen.....	86
5.3.6	Die dynamische Wissensbasis.....	88
5.3.6.1	Möglichkeiten zur systeminternen Kommunikation.....	88
5.3.6.2	Der Aufbau der dynamischen Wissensbasis.....	89
5.3.7	Gültigkeit der Zustandsgrößen.....	91
5.3.7.1	Möglichkeiten und Grenzen von Temporal Reasoning.....	92
5.3.7.2	Nonmonotonic Reasoning - Notwendigkeit und Umsetzung.....	93
5.3.8	Der Diagnoseablauf im hybriden System.....	94
5.3.8.1	Zentrale Koordination versus Individualität.....	94
5.3.8.2	Vergabe des Hypothesenstatus.....	96
5.3.8.3	Auswahl der aktuellen Arbeitshypothese.....	97
5.3.8.4	Kriterien zur Testauswahl.....	98
5.4	Integration von Selbstheilung und Diagnose.....	99
6	Realisierung des wissensbasierten Systems und..... Einbindung in die Fertigungsumgebung	100
6.1	Funktionsstruktur des integrierten Selbstheilungs- und..... Diagnosesystems	100
6.2	Ablaufbezogene Funktionalität des Expertensystems.....	101
6.2.1	Informationsverhalten bei Selbstheilung.....	101
6.2.2	Informationsverhalten bei Diagnose.....	102
6.3	Mechanismen der Wissensakquisition.....	104
6.3.1	Der Objekteditor.....	104
6.3.2	Empirie aus Fallbeispielen.....	105
6.4	Einbindung des Selbstheilungs- und Diagnosesystems in die..... Informationsstruktur eines flexiblen Fertigungssystems	106
6.4.1	Funktionale Einbindung.....	106
6.4.2	Kommunikative Einbindung und Implementierung.....	109

7	Piloteinsatz und Bewertung.....	111
7.1	Die Selbstheilung.....	111
7.1.1	Durchführung der Versuche zur Selbstheilung unterbrochener..... Meßläufe	111
7.1.2	Bewertung der Ergebnisse.....	114
7.2	Die Diagnose.....	115
7.2.1	Ausgangssituation für die Wissensakquisition über das..... Koordinatenmeßgerät	115
7.2.2	Beispielhaftes Vorgehen bei der Modellierung.....	117
7.2.3	Durchführung von Diagnosesitzungen.....	119
7.2.4	Bewertung der Ergebnisse.....	120
7.3	Integration von Selbstheilung und Diagnose.....	122
7.4	Bewertung für weitere Entwicklungen.....	123
8	Zusammenfassung.....	124
9	Literatur.....	126
10	Anhang.....	A-1
10.1	Begriffe aus der Theorie technischer Systeme und ihre..... Relation zur Diagnose	A-1
10.2	Beispiel aus der statischen Wissensbasis.....	A-6
10.3	Beispiel aus der dynamischen Wissensbasis.....	A-9