

Berichte des Wrangell-Instituts für Umweltgerechte
Produktionsautomatisierung

Band 4

Gerhard Petuelli (Hrsg.)

Wissensbasierte Prozessüberwachung

Shaker Verlag
Aachen 2001

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Petueli, Gerhard (Hrsg.):

Wissensbasierte Prozessüberwachung / Gerhard Petueli (Hrsg.).

Aachen : Shaker, 2001

(Berichte des Wrangell-Instituts für Umweltgerechte
Produktionsautomatisierung ; Bd. 4)

ISBN3-8265-8751-0

Copyright Shaker Verlag 2001

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8265-8751-0

ISSN 1615-2557

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

VORWORT

Der vorliegende Forschungsbericht basiert auf Arbeiten, die von Prof. Dr. Franz-Josef Schmitte initiiert und geleitet wurden. Die Idee wurde entwickelt aus den gemeinsamen Forschungsarbeiten die von ihm und seinen Mitarbeitern im Fachgebiet *Messwerterfassung und -umformung* zusammen mit dem Fachgebiet *Werkzeugmaschinen und Vorrichtungen* des Herausgebers durchgeführt wurden.

Nach dem plötzlichen und bedauerlichen Tod von Prof. Schmitte wurde die Betreuung der Arbeiten vom Herausgeber übernommen, so dass die Mitarbeiter beider Arbeitsgruppen die Arbeiten erfolgreich beenden konnten.

Die Arbeitsgruppen arbeiten im Rahmen des Forschungsschwerpunktes *Sensorik/Aktorik*, dessen Einrichtung vom Land NRW und der Hochschule gefördert wurde, u.a. an Systemen zum Überwachen von Bearbeitungsprozessen in der Massenfertigung. Zum Sichern der Prozesse wie auch der Qualität der Produkte sind derartige mannarme Fertigungen zu überwachen, Prozessentartungen und Qualitätseinbußen während des Ablaufs zu erkennen um Schädigungen von Anlagen in nachgeschalteten Prozessen sowie eine weitere Wertschöpfung an unbrauchbaren Werkstücken zu vermeiden.

Da Prozessentartungen unterschiedliche Ursachen haben können, lag der Schwerpunkt der Arbeiten auf dem Erarbeiten einer Systematik zum Erkennen der Ursachen. Mit Hilfe des realisierten Prototypen konnte der Nachweis erbracht werden, dass wissensbasierte Verfahren geeignet sind, Prozessmerkmale so zu verarbeiten, dass dem verantwortlichen Maschinenbediener Hinweise zum Beheben der Störung gegeben und damit die Maschinen-Stillstandszeiten und Folgekosten minimiert werden können. Damit steht erstmals ein industrietaugliches System zur Verfügung, mit dem den Maschinenbedienern nicht nur Prozessentartungen angezeigt sondern auch die hierfür Ursachen genannt werden.

Grundlage der Arbeiten war eine sehr umfangreiche Datenbasis, die durch Bearbeitungsversuche in Partnerunternehmen der metallverarbeitenden Industrie und in Prüfstandsversuchen im Labor für Werkzeugmaschinen gewonnen wurde.

Der erfolgreiche Abschluss des Projektes war nur möglich durch den engagierten und unermüdeten Einsatz von Frau Dipl.-Ing. Katrin Welkner (MSc) sowie der Herren Dipl.-Ing. Gerhard Blum, Dipl.-Ing. Martin Mühlberg (MSc) und MSc Somnuck Thongprasert. Darüber hinaus gilt mein Dank allen Angehörigen der beteiligten Fachgebiete für ihre Unterstützung bei der Durchführung der Arbeiten.

Die Herausgeber danken dem BMB+F sowie der Weidmüller Interface GmbH für die Unterstützung der Forschungsarbeiten, ohne deren Förderung diese Arbeiten nicht möglich gewesen wären.

Soest im Januar 2001

Gerhard Petuelli

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	6
2	STAND DER TECHNIK IN DER PROZESSÜBERWACHUNG	8
2.1	KENNGRÖßEN ZUR PROZESSÜBERWACHUNG	11
2.1.1	<i>Kräfte</i>	11
2.1.2	<i>Drehmoment</i>	12
2.1.3	<i>Wirkleistung</i>	12
2.1.4	<i>Acoustic Emission</i>	13
2.1.5	<i>Bilderfassung</i>	14
2.1.6	<i>Kontaktierende Elemente</i>	15
2.2	AUSWERTESTRATEGIEN	16
3	PROZESSIDENTIFIKATION	20
3.1	EINFLUSSGRÖßEN AUF DIE PROZESSSIGNALE	20
3.2	LABORVERSUCHE ZUM GEWINDEFORMEN	25
4	KORRELATION VON PROZESSGRÖßEN UND WERKSTÜCKQUALITÄT	30
4.1	QUALITÄTSMERKMALE	31
4.2	VERSUCHSPARAMETER	33
4.3	VERSUCHSEINHEIT ZUR GEWINDEFERTIGUNG	34
5	ANALYSE DES PROZESSIGNALS	37
5.1	VORVERARBEITUNG DES PROZESSIGNALS	37
5.2	MERKMALSAUSWAHL	38
5.3	PROZESSENTARTUNGEN	41
5.3.1	<i>Verschleiß des Werkzeuges</i>	41
5.3.2	<i>Touchierung</i>	42
5.3.3	<i>Justage</i>	43
5.4	VORVERARBEITUNG DER MERKMALE	44
6	WISSENSBASIERTE FUZZY-AUSWERTUNG DER PROZESSMERKMALE	47
6.1	FUZZY-LOGIK UND FUZZY-CONTROL	48
6.1.1	<i>Fuzzy-Logik</i>	48
6.1.1.1	Unschärfe Menge (Fuzzy-Menge)	48
6.1.1.2	Zugehörigkeitsgrad	49
6.1.1.3	Zugehörigkeitsfunktionen	49
6.1.1.4	Linguistische Variable	50
6.1.1.5	Fuzzy- Operatoren	50
6.1.2	<i>Fuzzy-Control</i>	53
6.1.2.1	Fuzzifizierung	54
6.1.2.2	Fuzzy-Inferenz	55
6.1.2.3	Defuzzifizierung	59
6.2	AUSWAHL GEEIGNETER FUZZY-EINGANGSGRÖßEN UND -AUSGANGSGRÖßEN	61
6.3	FUZZY-SOFTWAREPAKET	62
6.4	SYSTEMSTRUKTUR	62
6.5	DEFINITION DER LINGUISTISCHEN VARIABLEN	63
6.5.1	<i>Fuzzifizierung der Eingangsvariablen</i>	64
6.5.1.1	Eingangsvariable "Maximum"	65
6.5.1.2	Eingangsvariable "Nulldurchgang"	65

6.5.1.3	Eingangsvariable "Formvorgang"	66
6.5.1.4	Eingangsvariable "t1_positiv"	67
6.5.1.5	Eingangsvariable "t0_positiv"	68
6.5.2	<i>Fuzzifizierung der Ausgangsvariablen</i>	69
6.5.2.1	Ausgangsvariable "Verschleiß"	69
6.5.2.2	Ausgangsvariable "Positionierung"	70
6.5.2.3	Ausgangsvariable "Touchierung"	71
6.6	REGELBASIS	72
6.6.1	<i>Regelbasis Verschleiß</i>	73
6.6.2	<i>Regelbasis Touchierung</i>	73
6.6.3	<i>Regelbasis Positionierung</i>	74
6.7	SYSTEMTEST MITTELS SIMULATION.....	74
6.7.1	<i>Simulation</i>	74
6.7.2	<i>Ergebnisse der Laborentwicklung</i>	76
7	REALISIERUNG UND HARDWARE DES PROZESSÜBERWACHUNGSSYSTEMS	78
7.1	ANFORDERUNGEN	78
7.2	SYSTEM 1 - DATENERFASSUNG UND MERKMALSEXTRAKTION	80
7.3	SYSTEM 2 - WISSENSBASIERTE FUZZY REGELBASIS.....	83
8	SOFTWARE DES PROZESSÜBERWACHUNGSSYSTEMS	85
8.1	SOFTWARE DES SYSTEMS 1	85
8.2	SOFTWARE DES SYSTEMS 2	91
9	SYSTEMINTEGRATION ZUM PRAXISTEST	93
9.1	OFFLINE-SYSTEMINTEGRATION	93
9.2	ONLINE-SYSTEMINTEGRATION.....	95
9.3	ERGEBNISSE DER SYSTEMINTEGRATION.....	98
10	ZUSAMMENFASSUNG.....	100
11	SCHRIFTTUM.....	102