

**Konzeption zur systematischen Planung und Steuerung
des Werkzeugwesens im Sinne des
Ereignisorientierten Tool-Managements**

zur Erlangung des akademischen Grades eines
DOKTORS DER INGENIEURWISSENSCHAFTEN (Dr.-Ing.)
der Fakultät für Maschinenbau
der Universität Paderborn

genehmigte
DISSERTATION

von
Dipl.-Ing. Ulf Müller
aus Duisburg

Tag des Kolloquiums: 09.07.2003

Referent: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier

Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Gerhard Petuelli
Prof. Dr.-Ing. Ortwin Hahn

Schriftenreihe des International Universities Research Institute
und des Wrangell-Instituts für Umweltgerechte
Produktionsautomatisierung

Band 2

Ulf Müller

**Konzeption zur systematischen Planung und
Steuerung des Werkzeugwesens im Sinne des
Ereignisorientierten Tool-Managements**

D 466 (Diss. Universität Paderborn)

Shaker Verlag
Aachen 2004

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Paderborn, Univ., Diss., 2003

Copyright Shaker Verlag 2004

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

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-2569-2

ISSN 1613-3609

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

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

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

Geleitwort des Herausgebers

Die Produktionstechnik im weitesten Sinne ist Gegenstand der Bände, die im Rahmen dieser Buchreihe erscheinen. Darin werden Themen behandelt, die aus den praxisnahen Forschungsarbeiten der Herausgeber und ihren unterschiedlichen Fachgebieten resultieren. Sie sind Beleg für die intensive Zusammenarbeit engagierter Hochschullehrer und ihrer wissenschaftlichen Mitarbeiter aus den Fachbereichen Elektrotechnik und Maschinenbau, deren Bindeglied die Automatisierung der Produktionstechnik bildet. Neben den Berichten über Forschungsprojekte stellen die in den Fachgebieten erstellten Dissertationen einen wesentlichen Schwerpunkt der Reihe dar.

Die Produktionstechnik ist auf nationaler und internationaler Ebene zunehmend stärkeren lokalen wie auch globalen Herausforderungen ausgesetzt und durch gesetzliche Vorgaben wie die Umweltgesetzgebung eingeschränkt. Dabei umfasst die Produktionstechnik in unserem Sinne nicht nur das Erarbeiten von Waren und Gütern, sondern auch das Bereitstellen von Ressourcen jeglicher Art. Diesen Rahmenbedingungen erfolgreich zu begegnen erfordert das Entwickeln neuer Verfahren und Technologien, mit denen sowohl ökonomische als auch ökologische Verbesserungen unserer Industriegesellschaft erreicht werden.

Im Wrangell-Institut für Umweltgerechte Produktionsautomatisierung werden maschinenbauliche Fragen aus dem Umfeld der Produktionstechnik vom Fachgebiet Werkzeugmaschinen in verschiedenen Arbeitsschwerpunkten vertreten. Ökologische Fragen der Produktionstechnik werden im Rahmen von Arbeiten zum Mindern der durch Kühlschmierstoffe bedingten Umweltbelastungen behandelt. Auf der Ebene der Fertigung wird die Technologie der Trockenbearbeitung bzw. des Bearbeitens unter Einsatz der Minimalmengenschmierung (MMS) untersucht. Hierbei werden umfassende Entwicklungen zur wissensbasierten Prozessüberwachung realisiert. Zum Analysieren und Planen der umweltrelevanten Systeme, Maschinen, Geräte und Abläufe werden leistungsfähige Simulationssysteme entwickelt, die dann auch in gewissem Umfang ein Bindeglied darstellen zum Ereignisorientierten Tool Management mit unternehmensübergreifender informationstechnischer Vernetzung des Werkzeugwesens.

Insgesamt soll durch diese Buchreihe der Transfer der Ergebnisse unserer praxisnahen Entwicklung in die industrielle Anwendung unterstützt werden.

Gerhard Petuelli

Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet Werkzeugmaschinen und Vorrichtungen der Universität Paderborn, Abteilung Soest.

Herrn Professor Dr.-Ing. Gerhard Petuelli, dem Leiter des Fachgebiets Werkzeugmaschinen und Vorrichtungen, gilt mein ganz besonderer Dank für seine kritischen Anmerkungen, die stets wohlwollende Unterstützung und Betreuung dieser Arbeit sowie für die Übernahme des Korreferates. Das mir von ihm entgegengebrachte Vertrauen verbunden mit der positiven Arbeitsatmosphäre sind zwei wesentliche Gründe, mich immer gern an die langjährige Zusammenarbeit zu erinnern.

Herrn Professor Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, Inhaber des Lehrstuhls Rechnerintegrierte Produktion der Universität Paderborn, danke ich für die eingehende Durchsicht der Arbeit verbunden mit vielen konstruktiven Anregungen und für die Übernahme des Hauptreferats.

Herrn Professor Dr.-Ing. Ortwin Hahn, Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik der Universität Paderborn, danke ich für Durchsicht der Arbeit und für die Übernahme des Korreferates.

Mein herzlicher Dank gilt darüber hinaus allen Kollegen, Mitarbeitern und Studenten des Fachgebiets. Jeder einzelne hat in vielfältiger Hinsicht durch seine engagierte und tatkräftige Unterstützung meiner Tätigkeit zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Darüber hinaus danke ich meiner Lebensgefährtin für ihr tatkräftige Unterstützung, Geduld und Rücksichtnahme, die die Fertigstellung dieser Arbeit erst ermöglicht hat.

Duisburg, im Februar 2004

Ulf Müller

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problematik und Handlungsbedarf	1
1.2	Zielsetzung	3
1.3	Vorgehensweise	4
2	Das Werkzeugwesen im Spannungsfeld der Unternehmensreorganisation	5
2.1	Einordnung des Werkzeugwesens in die Unternehmensstruktur	5
2.2	Der Werkzeugfluss im Unternehmen	7
2.3	Kostenfaktoren und Rationalisierungspotentiale im Werkzeugwesen	10
3	Stand der Technik	15
3.1	EDV-gestützte Hilfsmittel zur Optimierung des Werkzeugwesens	15
3.2	Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	19
3.2.1	Tool-Managementsysteme	20
3.2.1.1	Bereichsübergreifendes transparentes Tool-Management	20
3.2.1.2	Integriertes Tool-Management	20
3.2.1.3	Werkzeugverwaltungssystem	21
3.2.2	Planungs- und Terminierungssysteme	22
3.2.2.1	Planung der Werkzeugversorgung	22
3.2.2.2	Terminierung der Werkzeugaufbereitung und Werkzeuginstandsetzung	24
3.2.2.3	Optimierung der Werkzeugbereitstellung	24
3.3	Resümee	25
3.4	Handlungsbedarf und Zielsetzung der Arbeit	26

4	Konzeption zur ereignisorientierten Planung und Steuerung des Werkzeugwesens	29
4.1	Systematik zur Planung und Gestaltung von Arbeitssystemen	29
4.1.1	Analyse der Ausgangssituation	29
4.1.2	Definition der Ziele	31
4.1.3	Konzeption des Arbeitssystems	31
4.1.4	Detaillierung des Arbeitssystems	32
4.1.5	Einführung des Arbeitssystems	32
4.1.6	Einsatz des Arbeitssystems	33
4.2	Entwicklungsbedarf	33
5	Aufbau und Realisierung des Systems zur Planung und Steuerung des Werkzeugflusses im Unternehmen	35
5.1	Integration planungsrelevanter Daten	40
5.1.1	Handhabung und Funktionalität der Datenbank	40
5.1.2	Definition und Struktur der Datenbank	44
5.2	Simulationsmodell des Werkzeugflusses	51
5.2.1	Simulationsmodell des Werkzeugflusses in der Fertigung	54
5.2.2	Simulationsmodell des Werkzeugflusses in der Werkzeugaufbereitung und Werkzeuginstandsetzung	55
5.2.3	Das Planungsmodul	57
5.2.3.1	Auftragsgenerierung im Planungsmodul	62
5.2.3.2	Terminierung der Werkzeugaufbereitung und Werkzeuginstandsetzung	62
5.2.3.3	Einfluss des Planungsmoduls auf den Fertigungsprozess	63
5.2.4	Definition Planungshorizont und Planungsvorlauf	65
5.3	Hilfsmittel zur Analyse und Aufbereitung der Simulationsergebnisse	72
5.3.1	Ressourcenbelegung und Werkzeugfluss	72
5.3.2	Analyse der Systemparameter der Werkzeugaufbereitung und Werkzeuginstandsetzung	74
5.3.3	Spezifische Analysehilfsmittel für die Werkzeugversorgung	75

6	Definition der Startwerte zur Planung	79
6.1	Die Werkzeugkennwerte Standzeit und Warnstandzeit	79
6.2	Startwerte zur Planung des Werkzeugflusses in der Fertigung	89
6.3	Grobdimensionierung der Werkzeugaufbereitung und Werkzeuginstandsetzung	97
7	Erprobung und Anwendungen des Systems	101
7.1	Optimierung des Werkzeugflusses	103
7.1.1	Minimierung des Werkzeugbestandes zur Gewährleistung der Produktion	104
7.1.2	Arbeitsplätze in der Werkzeugaufbereitung und Werkzeuginstandsetzung	113
7.1.3	Mitarbeiter in der Werkzeugaufbereitung und Werkzeuginstandsetzung	116
7.1.4	Transportstrategien und Transportzyklen bei definiertem Werkzeugbestand	119
7.2	Alternative Aufbereitungsstrategien	123
7.3	Rationalisierungseffekte bei optimiertem Werkzeugfluss	126
8	Zusammenfassung und Ausblick	131
9	Literatur	133
10	Anhang	141

Symbolverzeichnis

t_s^U	Schleifzeit [Index (S = Spanraum, F = Freiwinkel, Lü = Auslücken, Sp = Ausspitzen), Exponent (U = Umfang, R = Radius, S = Stirn)]
λ_s	Drall-, Spiralwinkel
l	Schneidenlänge
d	Werkzeugdurchmesser
d_s	Schleifscheibendurchmesser
z	Schneidenzahl
$l_{\ddot{u}}$	Überschleifweg
n	Anzahl Schleifüberläufe je Schneide
v_{csr}^U	Vorschubgeschwindigkeit (Exponent wie bei Schleifzeit) = programmierte Geschwindigkeit
v_E	Eilganggeschwindigkeit (geradlinig)
v_A	Eilganggeschwindigkeit (rotatorisch)
$T_{L\ddot{u}}$	Einschleiftiefe beim (Lü = Auslücken, Sp = Ausspitzen)
l_a	Abhebebetrag vor Rückhub
l_E	Rückfahrweg mit Eilgang vor Schneidenweitschaltung beim Spitzen, Lücken
$\sum$	Summe Auf- und Absetzen der Schleifscheibe bei Schneidenwechsel