

Verbundprojekt

"Modellgestützte Fehlerfrüherkennung in der spanenden Fertigung"

1. Gegenstand des Verbundprojektes (Prof. Schulz)	5
2. Stand der Technik	
2.1 Technische Aspekte (THD, IRT)	
2.1.1 Herkömmliche Überwachungssysteme.....	9
2.1.2 Aspekte der Modellbildung.....	11
Literatur zu Kapitel 2.1.....	13
2.2 Arbeitswissenschaftliche Aspekte (ETH Zürich)	
2.2.1 Problemstellung und Entwicklungsziele des	14
arbeitswissenschaftlichen Teilprojekts	
2.2.2 Analyse rechnerunterstützter Fertigungsstrukturen	17
- heutige Konzepte zur Prozeßüberwachung und Prozessregulation	
2.2.2.1 Rechnerunterstützte Überwachung von Fertigungsprozessen.....	18
Probleme, Zielstellungen und Auswirkungen	
- Ergebnisse einer Literaturstudie	
2.2.2.2 Technische Funktionalität und Einsatzmöglichkeiten	29
gegenwärtig verfügbarer technischer Prozessüberwachungssysteme	
in der spanenden Fertigung	
- Ergebnisse arbeitswissenschaftlicher Analysen und Bewertungen	
2.2.2.3 Zusammenfassende Einschätzung der Ergebnisse der beiden Studien.....	39
2.2.3 Analyse der Arbeits- und Organisationsstrukturen in rechner.....	42
unterstützten spanabhebenden Fertigungssystemen	
- Stand der Methodenentwicklung	
2.2.3.1 Der soziotechnische Systemansatz.....	42
2.2.3.2 Mehrstufiges Analysekonzept.....	43
Literatur zu Kapitel 2.2.....	50
3. Störungsanalyse und Bestandsaufnahme an bestehenden Fertigungssystemen	
3.1 Statistische Ausfallursachenanalyse (Linde)	
3.1.1 Einleitung.....	53
3.1.2 Datenmaterial.....	54
3.1.3 Ergebnisse der Störfalluntersuchungen.....	54
3.1.3.1 Ausfallhäufigkeit von BAZ und Drehmaschinen.....	55
3.1.3.2 Ausfalldauer von BAZ und Drehmaschinen.....	58
3.1.3.3 Zusammenfassung Nutzungs- und Ausfallzeiten.....	64

3.1.4	Untersuchung der Maschinenstillstandszeiten infolge verschleißbedingter Werkzeugwechsel	66
3.1.4.1	Voraussetzungen	66
3.1.4.2	Ziele	70
3.1.4.3	Vorgehensweise	70
3.1.4.4	Ergebnisse	71
3.1.5	Schlußfolgerungen	71
3.1.6	Literaturverzeichnis	73

3.2 Beanspruchung des Personals (ETH Zürich)

3.2.1	Arbeitsanalysen in spanabhebenden Fertigungssystemen - Ergebnisse einer Fallstudie	74
3.2.1.1	Ergebnisse der soziotechnischen Systemanalysen	75
3.2.1.2	Ergebnisse der Tätigkeitsanalysen	79
3.2.2	Einsatz der Humanressourcen in spanabhebenden Fertigungssystemen - zusammenfassende Ergebnisse	89
3.2.2.1	Quantitative Ergebnisse - 'Nutzungsgrad' der Humanressourcen	89
3.2.2.2	Qualitative Ergebnisse - Merkmale des Einsatzes der Humanressourcen und der Technik sowie der Organisationsstrukturen	91
3.2.3	Prozessregulation in rechnerunterstützten spanabhebenden Fertigungssystemen - Schlußfolgerungen aus arbeitswissenschaftlicher Sicht	101
	Literatur zu Kapitel 3.2	108

4. Meßtechnische Prozeßanalyse an Drehmaschinen und Bearbeitungszentren

4.1	Grundlagen zur modellgestützten Prozeßanalyse (IRT)	110
4.1.1	Parameterschätzung	111
4.1.2	Zustandsvariablenfilter	113
	Literatur zu Kapitel 4.1	116

4.2 Modellüberwachung beim Drehen (PTW)

4.2.1	Meßtechnische Instrumentierung der Drehmaschine	117
4.2.2	Meßwerterfassung und -verarbeitung	117
4.2.3	Meßtechnische Analyse, Messung mit zusätzlichen Sensoren	120
4.2.3.1	Versuche an der Drehmaschine und deren Auswertung	120
4.2.3.2	Spektralanalyse der Zerspänkkräfte	121
4.2.3.3	Beschleunigungs-Sensorsignal	121

4.3 Modellüberwachung am Bearbeitungszentrum MAHO MC5 (IRT)

4.3.1	Modellbildung der Maschinenelemente	128
4.3.1.1	Mathematisches Modell für den Hauptantrieb von Werkzeugmaschinen	128
4.3.1.2	Mathematisches Modell für den Vorschubantrieb von Werkzeugmaschinen	136
4.3.2	Modellüberwachung beim Fräsen	139
4.3.2.1	Statistisches Modell des Fräsprozesses	139
4.3.2.2	Dynamisches Modell für den Fräsprozeß	141

4.3.3	Modellüberwachung beim Bohren.....	146
4.3.3.1	Statisches Modell des Bohrprozesses.....	146
4.3.3.2	Dynamisches Modell für den Vorschub.....	148
4.3.3.3	Modellreduktion.....	149
	Literatur zu Kapitel 4.3	150

5. Modellgestützte Prozeßanalyse

5.1 Modellbildung beim Drehen (PTW)

5.1.1	Einleitung.....	151
5.1.2	Theoretische Modellbildung am Beispiel des Z-Vorschubantriebs.....	152
5.1.3	Theoretische Modellbildung Zerspanprozeß.....	153
5.1.3.1	Einleitung.....	153
5.1.3.2	Physikalische Vorstellungen zum Drehprozeß.....	153
5.1.3.3	Theoretische Modellbildung des Drehprozesses.....	154
5.1.4	Ermittlung der belastungsabhängigen Mindestspannkraft eines.....	157
	Dreibackenfutters	
5.1.4.1	Modellierung der Spanneinrichtung und Berechnung der Spannkräfte.....	157
5.1.5	Strategieentwurf, Überwachungskonzept.....	158

5.2 Modellgestützte Strategien an Fräsmaschinen (IRT)

5.2.1	Maschinendiagnose.....	172
5.2.1.1	Identifikation der Parameter der reduzierten Antriebsmodelle.....	172
5.2.1.2	Fehlerdiagnose in den Antriebssträngen.....	174
5.2.2	Modellgestützte Strategien beim Fräsen und Bohren.....	176
	Literatur zu Kapitel 5.2	179

5.3 Zusammenfassender Überblick über die modellgestützten Strategien (IRT).....

180

6. Überwachungssysteme

6.1 Hardwarelösungen (Siemens)

6.1.1	Einleitung.....	181
6.1.2	Merkmale für die Auswahl der Hardware.....	182
6.1.2.1	Integrierbarkeit in die CNC.....	182
6.1.2.2	Sensorarm.....	183
6.1.2.3	Flexibilität.....	184
6.1.2.4	Identische Hardware für beide Pilotsysteme.....	185
6.1.3	Integriertes und autarkes Pilotsystem.....	186
6.1.3.1	CNC-Integriertes Pilotsystem.....	186
6.1.3.2	Online-Erfassung der Meßwerte.....	188
6.1.3.3	Aufbereitung der Meßwerte und Parameterschätzung.....	190
6.1.3.4	Synchronisation mit dem Bearbeitungsprogramm.....	190
6.1.4	CNC-autarkes Pilotsystem.....	191
6.1.4.1	Erfassung der Meßwerte.....	194
6.1.4.2	Synchronisation der Überwachung mit dem Bearbeitungsprogramm.....	194

6.1.4.3	Aufbereitung der Meßwerte und Parameterschätzung.....	195
6.1.5	Zusammenfassung.....	195
6.2	Softwarelösungen (Siemens)	
6.2.1	Einleitung.....	196
6.2.2	Überblick.....	197
6.2.3	Integriertes und autarkes System.....	198
6.2.4	Integriertes System.....	198
6.2.4.1	Prinzipielle Funktion des Diagnosesystems.....	199
6.2.4.2	Vorbereitung.....	201
6.2.4.3	Diagnose.....	202
6.2.4.4	Bedieneroberfläche.....	206
6.2.5	Autarkes System.....	214
6.2.5.1	Batelle Schnittstelle.....	214
6.2.6	Zusammenfassung.....	215
6.3	Berücksichtigung arbeitswissenschaftlicher Aspekte bei der Realisierung (ETH Zürich)	
6.3.1	Praxiserprobung der Pilotsysteme.....	216
6.3.1.1	Gestaltung und Bewertung der Benutzerschnittstelle der Pilotsysteme..	217
6.3.1.2	Auswirkungen auf die Arbeitstätigkeiten der Operateure	222
	- erste Erfahrungen der Praxiserprobung	
6.3.2	Konzeption einer soziotechnisch begründeten Strategie zur	227
	Prozessüberwachung und Qualitätssicherung	
6.3.2.1	Technisch-organisatorische Rahmenbedingungen.....	227
6.3.2.2	Vereinheitlichung und Integration der Benutzerschnittstellen.....	228
6.3.2.3	Aspekte und Kriterien der Benutzerfreundlichkeit.....	230
6.3.2.4	Nutzen der Prozessüberwachung für die Fertigung	232
	- Bestimmung von Arbeitssystemwerten	
	Literatur zu Kapitel 6.3.....	237
7.	Ergebnisse der Laborerprobung	
7.1	Laborerprobung/Experimentelle Modellbildung Drehen (PTW)	
7.1.1	Experimentelle Identifikation der Maschine am Beispiel	239
	des Z-Vorschubs	
7.1.2	Experimentelle Modellbildung des Drehprozesses.....	239
7.1.3	Spanbildung und Identifikation im kontinuierlichen Schnitt.....	241
7.2	Bearbeitungszentren (IRT)	
7.2.1	Meßstellen am Bearbeitungszentrum.....	248
7.2.2	Maschinendiagnose.....	250
7.2.2.1	Experimentelle Ergebnisse am Hauptantrieb.....	250
7.2.2.2	Experimentelle Ergebnisse am Vorschubantrieb.....	253
7.2.3	Zerspanprozeß.....	255
7.2.3.1	Experimentelle Ergebnisse beim Fräsen.....	255
7.2.3.2	Experimentelle Ergebnisse beim Bohren.....	259
7.2.3.3	Strommessung.....	262

8. Ergebnisse der Praxiserprobung

8.1 Ergebnisse der Praxiserprobung beim Drehen (PTW)

8.1.1 Allgemeines.....	265
8.1.2 Auswertung.....	265
Literaturverzeichnis.....	667

8.2 Bearbeitungszentren (IRT).....	676
---	------------

9. Zusammenfassung und Ausblick (Siemens)

9.1 Ziel des Verbundprojektes.....	279
9.2 Arbeitsplan.....	281
9.3 Ergebnisse der Arbeiten.....	282
9.4 Ausblick.....	283