



**Forschungsberichte
aus
dem Institut
für Werkzeugmaschinen
und Betriebstechnik
der
Universität Karlsruhe**

Herausgeber: o. Prof. Dr.-Ing. H. Weule

Band 40

Thomas Steitz

**Methodik zur marktorientierten
Entwicklung von Werkzeugmaschinen
mit Integration von funktionsbasierter
Strukturierung und Kostenschätzung**

1	Einleitung	1
1.1	Der Entwicklungsprozeß im Spannungsfeld schnellerer Produktwechselzyklen	1
1.2	Produktentstehung - Phase mit großer Verantwortung für den Produkterfolg	4
1.3	Spezielle Anforderungen im Werkzeugmaschinenbereich	6
1.4	Ziele der Arbeit	7
2	Stand der Technik	9
2.1	Definitionen der Begriffe	9
2.2	Die Produktplanungsphase	13
2.3	Produktentwicklung	16
2.4	Konstruktionsphase	18
2.4.1	Bestehende Konstruktionsmethoden	19
2.4.3	Anwendung von Konstruktionsmethoden in der Praxis	23
2.5	Kostenbewertung, Kostenschätzung	23
2.5.1	Relativkosten	24
2.5.2	Suchkalkulation	25
2.5.3	Kostenfunktionen, Kostenverläufe, algorithmische Modelle, Kurzkalkulation	26
2.5.3.1	Summarische Kurzkalkulation	26
2.5.3.2	Differenzierte Kurzkalkulation	27
2.5.4	Analogie-Verfahren	28
2.5.5	Variable Kalkulation in Abhängigkeit von der Konstruktionsphase	32
2.5.6	Parametrische Kostenmodelle	33
2.6	Vorgehensweise im Werkzeugmaschinenbau	35
2.6.1	Auftragsneutrale Serienmaschinenentwicklung	35
2.6.2	Auftragsbezogene Sondermaschinen	38
2.6.3	Aktuelles Verbesserungspotential	38
2.6.3.1	Strategisches Problemfeld	39
2.6.3.2	Problemfeld Kosten	40

2.6.3.3	Problemfeld methodisches Vorgehen	40
3	Motivation und Zielsetzung	41
3.1	Bewertung des Bestehenden	41
3.2	Anforderungen an die Methoden	42
3.3	Anforderungen an die Kostenschätzung	45
3.4	Notwendige Komponenten	46
4	Methoden zur marktorientierten Entwicklung von Werkzeugmaschinen	48
4.1	Zielsetzung	48
4.2	Die Einbindung in das menschliche Problemlösungsverhalten	48
4.3	Systematische Ableitung eines Pflichtenhefts	50
4.3.1	Suchfeldbestimmung	52
4.3.2	Produktfindung	54
4.3.2.1	Ideenfindung	55
4.3.2.2	Ideenselektionsphase	56
4.3.2.3	Entwicklungsvorschlagsphase	59
4.3.3	Ableitung detaillierter technologischer Anforderungen	60
4.3.3.1	Beschreibung von Auswertungsziel und -profil	61
4.3.3.2	Reduktion des vorhandenen Teilespektrums	62
4.3.3.3	Allgemeine Vorgehensweise der Werkstückanalyse	62
4.3.3.4	Datenauswertung	64
4.3.4	Definition des vorläufigen Pflichtenheftes	66
4.3.5	Konkurrenzanalyse	67
4.3.5.1	Festlegung der auszuwertenden Größen	67
4.3.5.2	Reduktion des Werkzeugmaschinenpektrums	67
4.3.5.3	Ergebnis der Konkurrenzanalyse	68
4.3.6	Überprüfung der Konzeptmaschine auf Unternehmenseignung	70
4.3.7	Erstellung des Pflichtenheftes	71
5	Funktionale Strukturierung von Werkzeugmaschinen	74
5.1	Definition des Funktionsbegriffes	74
5.2	Ableiten von standardisierten Elementarfunktionen	77

5.2.1	Allgemeine Funktionen in der Konstruktionsmethodik	78
5.2.2	Ableiten spezifischer Funktionsbegriffe	80
5.2.3	Auffälligkeiten beim Ableiten der Funktionsbegriffe	84
5.3	Zuordnung technischer Beschreibungsparameter	85
5.4	Beispielhafte Durchführung	85
5.5	Regelbasierte Erstellung von Funktionsstrukturen	86
5.5.1	Manuelles Vorgehen des Entwicklers	86
5.5.2.1	Bearbeitungsverfahren	88
5.5.2.2	Arbeitsraum	89
5.5.2.3	Kinematik	89
5.5.2.4	Leistungsauslegung	89
5.5.2	Ingenieurwissenschaftliche Grundlagen	89
5.5.3	Expertensystem für eine technische Anwendung	90
5.5.4	Regelwerk zur Ableitung von Funktionsstrukturen	92
6	Funktionsbasierte Kostenschätzung	95
6.1	Zielsetzung	96
6.2	Kostenrechnung im Unternehmen	98
6.2.1	Grundlagen der Kostenrechnung	99
6.2.2	Ableitung relevanter Kosten	102
6.3	Erarbeitung der notwendigen Datenbasis	105
6.3.1	Funktionale Nachkalkulation bestehender Maschinen	106
6.3.2	Verbindung Bauteilkalkulation - Funktionsstruktur	106
6.3.3	Erkennen von Kostenverläufen durch multiple Regression	109
6.3.4	Erkennen von Kostenrelevanz durch schrittweise Regression	112
6.3.5	Unternehmensspezifische Einflüsse	116
6.3.6	Pflege der Datenbasis über Nachkalkulation und Aktualisierung	116
6.4	Funktionale Kostensicht auf technische Lösungsträger	117
6.4.1	Erstellen von Kostenfunktionen durch multiple Regression	118

6.4.2	Zugriff auf reale Lösungsträger durch funktionale Sichtweise	118
6.4.3	Genauigkeitssteigerung durch iterative Regression	119
6.4.4	Sensitivitätsanalyse	122
6.5	Probleme beim Erstellen und Arbeiten mit Kostenfunktionen	123
7	EDV-gestützte Realisierung der Entwicklungsmethoden	125
7.1	Anforderungen an die Software	125
7.1.1	Ergonomische Anforderungen	125
7.1.2	Anforderungen der Methodik	126
7.1.2.1	Ableiten der Funktionsstruktur	126
7.1.2.2	Arbeiten mit Funktionsstrukturen	127
7.1.3	Anforderungen der Kostenschätzung	127
7.1.4	Anbindung der Datenbank	129
7.2	Eingesetzte Methoden und Werkzeuge	129
7.2.1	Objektorientierte Programmierung	130
7.2.2	Einbindung des Expertensystemtools	132
7.3	Aufbau des Gesamtsystems	133
7.3.1	Teilsystem Funktionsstrukturierung	135
7.3.2	Teilsystem Kostenschätzung	136
7.4	Interaktives Arbeiten mit Funktionsstrukturen	136
7.4.1	Session- Window	138
7.4.2	Struktur-Menü	139
8	Exemplarische Anwendung im Werkzeugmaschinenbau	141
8.1	Bestehende Baugruppenkalkulation	142
8.2	Funktionale Beschreibung	144
8.3	Zuordnung der Kosten zu Funktionen	146
8.3.1	Zuordenbare Materialkosten	146
8.3.2	Zuordenbare Fertigungsvollkosten	146
8.4	Schätzung der Kosten für beispielhafte Funktionen	147
9	Zusammenfassung und Ausblick	149
10	Literaturverzeichnis	152