

# ISW 10

Berichte aus dem Institut für Steuerungstechnik  
der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen  
der Universität Stuttgart

---

Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. G. Stute

K. Maier

## Grenzregelung an Werkzeugmaschinen

Beitrag zur Auslegung und Bewertung  
von ACC-Systemen



Springer-Verlag  
Berlin · Heidelberg · New York 1974

**Mit 68 Abbildungen**

**ISBN-13:978-3-540-06886-0**

**e-ISBN-13:978-3-642-80863-0**

**DOI: 10.1007/978-3-642-80863-0**

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Bei Vervielfältigungen für gewerbliche Zwecke ist gemäß § 54 UrhG eine Vergütung an den Verlag zu zahlen, deren Höhe mit dem Verlag zu vereinbaren ist.

© by Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 1974.

## **Vorwort des Herausgebers**

Das Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen der Universität Stuttgart befaßt sich mit den neuen Entwicklungen der Werkzeugmaschine und anderen Fertigungseinrichtungen, die insbesondere durch den erhöhten Anteil der Steuerungstechnik an den Gesamtanlagen gekennzeichnet sind. Dabei stehen die numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine in Programmierung, Steuerung, Konstruktion und Arbeitseinsatz sowie die vermehrte Verwendung des Digitalrechners in Konstruktion und Fertigung im Vordergrund des Interesses.

Im Rahmen dieser Buchreihe sollen in zwangloser Folge drei bis fünf Berichte pro Jahr erscheinen, in welchen über einzelne Forschungsarbeiten berichtet wird. Vorzugsweise kommen hierbei Forschungsergebnisse, Dissertationen, Vorlesungsmanuskripte und Seminararbeiten zur Veröffentlichung.

Diese Berichte sollen dem in der Praxis stehenden Ingenieur zur Weiterbildung dienen und helfen, Aufgaben auf diesem Gebiet der Steuerungstechnik zu lösen. Der Studierende kann mit diesen Berichten sein Wissen vertiefen.

Unter dem Gesichtspunkt einer schnellen und kostengünstigen Drucklegung wird auf besondere Ausstattung verzichtet und die Buchreihe im Fotodruck hergestellt.

Der Herausgeber dankt dem Springer-Verlag für Hinweise zur äußeren Gestaltung und Übernahme des Buchvertriebs.

Stuttgart, im Februar 1972

Gottfried Stute

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
Vorwort	3
Schrifttum	8
Formelzeichen und Abkürzungen	17
1. <u>Einführung und Aufgabenstellung</u>	22
2. <u>Adaptive-Control-Systeme an Werkzeugmaschinen</u>	24
2.1 Aufgaben der Adaptive-Control-Einrichtungen	24
2.2 Definitionen und Benennungen der Adaptive-Control-Einrichtungen	27
2.2.1 Definitionen: Grenz- und Optimierregelungen	28
2.2.2 Definitionen: Geometrische und Technologische AC-Systeme	31
2.3 Zusammenfassung	33
3. <u>Möglichkeiten zur Führung des Bearbeitungsprozesses mit zwei Stellgrößen</u>	35
3.1 Modell mit zwei Stellgrößen für den Bearbeitungsprozeß Drehen	37
3.2 Systematik von Betriebsarten	40
3.3 Eigenschaften der Betriebsarten	42
3.3.1 Abhängigkeit der Modellgrößen von den Parametern	43
3.3.2 Fertigungstechnische Eigenschaften	44
3.3.2.1 Bearbeitungsqualität	45
3.3.2.2 Bearbeitungsgeschwindigkeit	45
3.3.2.3 Spanungsstrom	45
3.3.2.4 Spanungsverhältnis	46
3.3.2.5 Werkzeugverschleißgeschwindigkeit	47
3.3.3 Fertigungskosten als fertigungstechnische Eigenschaft	51
3.3.3.1 Kostenanstieg	52
3.3.3.2 Volumkosten	52
3.4 Zusammenfassung	55
4. <u>Möglichkeiten zur Realisierung der Betriebsarten</u>	57
4.1 Einrichtungen zur Verwirklichung der Betriebsarten	57
4.1.1 Aufbau der Steuer- und Regeleinrichtungen	57
4.1.2 Übertragungsbeiwert der Regelstrecke Maschine - Zerspanvorgang	60
4.2 Meßgrößen und ihre Erfassung an der Drehmaschine	61
4.2.1 Meßgrößen und Bauartgruppen von Sensoren	61

4.2.2	Werkzeugseitige Zerspankraftsensoren	63
4.2.3	Werkstückseitige Zerspankraftsensoren	64
4.2.4	Sensoren an der Spindellagerung	64
4.2.5	Drehmomentsensoren an der Hauptspindel und im Getriebe	65
4.2.6	Sensoren am Antriebsmotor	66
4.3	Stellgrößen und Stellglieder	67
4.3.1	Stellgrößen und Ausführungsmöglichkeiten für Stellglieder	68
4.3.2	Anforderungen an die Stellglieder beim Anfahren an das Werkstück	69
4.4	Beispiele ausgeführter Grenzregelungen	73
4.5	Zusammenfassung	75
5.	<u>Vergleich und Bewertung der Betriebsarten</u>	76
5.1	Vergleich der Betriebsarten aufgrund der Veränder- i lichkeit der Kenn- und Bearbeitungsgrößen	77
5.2	Auswahl geeigneter Betriebsarten aufgrund fertigungs- technischer Eigenschaften	78
5.3	Vergleich der Betriebsarten anhand der Schnittzeit für bestimmte Bearbeitungsfälle	80
5.3.1	Schnittzeitvergleiche beim Längsdrehen	80
5.3.1.1	Bearbeitungselemente	80
5.3.1.2	Schnittzeit	81
5.3.1.3	Vergleichsbedingung	82
5.3.1.4	Vergleich und Auswertung	83
5.3.2	Schnittzeitvergleich beim Plandrehen	85
5.3.3	Einschränkungen für das Vergleichsverfahren	86
5.4	Vergleich der Betriebsarten anhand der Erfordernisse zu ihrer Realisierung	86
5.5	Zusammenfassung	88
6.	<u>Weitere Möglichkeiten zur Führung des Bearbeitungs- vorgangs anhand eines erweiterten Modells</u>	90
6.1	Möglichkeiten zur Führung des Drehvorgangs mit drei Stellgrößen	90
6.1.1	Erweitertes Modell mit drei Stellgrößen	90
6.1.2	Systematik der Betriebsarten mit drei Stellgrößen	91
6.1.3	Einige Eigenschaften der Betriebsarten	92
6.1.4	Bemerkungen zur Realisierung der Betriebsarten	94
6.2	Möglichkeiten zur Führung des Drehvorgangs mit Hilfe von Sekundärkenngrößen	96
6.2.1	Schnitttemperatur	97
6.2.2	Werkzeugverschleiß	98
6.3	Zusammenfassung	99

7. <u>Sensoren für technologische Grenzregelungen</u>	101
7.1 Zerspankraftsensoren an Fräsmaschinen	102
7.2 Einrichtung zum Messen von Drehmoment, Biegemoment und Axialkraft beim Messerkopffräsen	104
7.2.1 Aufgabenstellung und Konzeption der Meßeinrichtung	104
7.2.2 Zerspankraftkomponenten und Meßgrößen	105
7.2.3 Konstruktion und Wirkungsweise des Fräsmessdorns	106
7.2.4 Eigenschaften der Meßeinrichtung	107
7.3 Einrichtung zum Messen des Spindeldrehmoments	110
7.3.1 Aufgabenstellung und Konzeption der Meßeinrichtung	110
7.3.2 Prinzip und Wirkungsweise des Dehnungsübersetzers	111
7.3.3 Konstruktion des Drehmomentsensors	111
7.3.4 Eigenschaften der Meßeinrichtung	112
7.4 Einrichtung zum Messen der Spindelabdrängung	113
7.4.1 Aufgabenstellung und Konzeption der Meßeinrichtung	113
7.4.2 Zerspankraftkomponenten und Meßgrößen	113
7.4.3 Konstruktion und Wirkungsweise des Abdrängensensors	114
7.4.4 Eigenschaften der Meßeinrichtung	114
7.5 Zusammenfassung und Vergleich der Sensoren	115
8. <u>Zusammenfassung</u>	117
<u>Anhang</u>	119