

Ulrich Maulhardt

**Dynamisches Verhalten
von Kreissägen**

Mit 109 Abbildungen

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York London Paris
Tokyo HongKong Barcelona Budapest 1991

Inhaltsverzeichnis

0	<u>Tabelle der verwendeten Kurzzeichen und Indices</u>	V
0.1	Kleine und große lateinische Buchstaben	V
0.2	Kleine und große griechische Buchstaben	VIII
0.3	Indices	VIII
1	<u>Einleitung</u>	1
1.1	Werkzeugmaschinen als Basis der Fertigungsautomatisierung	1
1.2	Schwingungen an Werkzeugmaschinen	4
1.3	Ziel der Arbeit	8
2	<u>Gegenwärtiger Stand der Erkenntnisse</u>	10
2.1	Kreissägen	10
2.2	Prozeßmodelle und Stabilitätsanalyse	12
2.3	Zerspankräfte	17
2.4	Dynamische Berechnungen und Stabilitätsanalyse in der Konstruktion	22
3	<u>Beschreibung des dynamischen Maschinenverhaltens</u>	24
3.1	Untersuchung einer Horizontalvorschub-Kreissäge, Versuchsmaschine 1	24
3.2	Untersuchung einer Schwenkarmvorschub-Kreissäge, Versuchsmaschine 2	32
3.3	Reduktion des Schwingungs-Systems Kreissäge auf die Antriebsstränge	35
3.4	Messungen der relativen Maschinennachgiebigkeiten an der Zerspanstelle	36
3.4.1	Meßaufbau	36
3.4.2	Ermittlung der Relativ-Nachgiebigkeiten für Versuchsmaschine 1	39
3.4.3	Ermittlung der Relativ-Nachgiebigkeiten für Versuchsmaschine 2	42

4 Analytische Bestimmung der Maschinennachgiebigkeit	45
4.1. Allgemeines	45
4.2 Berechnung und Vergleich mit Messung	46
4.2.1 Ergebnisse an Versuchsmaschine 1	46
4.2.2 Ergebnisse an Versuchsmaschine 2	51
5 Zerspankraftverhalten beim Kreissägen	58
5.1 Kinematik des Kreissägens	58
5.1.1 Geometrie von Hartmetall-Sägeblättern	58
5.1.2 Schnitt- und Spanungsgrößen	60
5.1.2.1 Zahnvorschübe und Geschwindigkeiten	60
5.1.2.2 Schnitt- und Spanungsbreite	60
5.1.2.3 Eingriffsgröße, Eingriffswinkel, Lage des Werkstücks	61
5.1.2.4 Spannungsdicke	62
5.1.2.5 Spanungsquerschnitt	63
5.2 Zerspankräfte beim Kreissägen	65
5.2.1 Komponenten der Zerspankraft am Einzelzahn	65
5.2.2 Integraler Mittelwert der Zerspankraftkomponenten	66
5.3 Berechnung der statischen Zerspankraftkomponenten	67
5.4 Kraft- und Momentenmessung	71
5.4.1 Zerspankraftmeßvorrichtungen in der Literatur	71
5.4.1.1 Schnittkraftmessung beim Drehen	71
5.4.1.2 Schnittkraftmessung beim Fräsen	72
5.4.1.3 Schnittkraftmessung beim Kreissägen	72
5.4.2 Entwicklung einer Kraft- und einer Momentenmeßeinrichtung	73
5.4.2.1 Entwicklung einer Meßnabe zur Schnittkraftmessung	74
5.4.2.2 Entwicklung einer Meßplattform	76
5.4.3 Messung der Schnittkraftkomponenten	79

5.4.3.1 Versuchsaufbau zur Schnittkraftmessung und Vorversuche	79
5.4.3.2 Messung im ruhigen Schnitt	83
5.4.3.3 Messung im Ratterschnitt	85
5.5 Ermittlung des Verfahrensfaktors - Kreissägen	87
6. Modellbildung	91
6.1 Allgemeines	91
6.2 Maschinenübertragungsverhalten	92
6.3 Zerspanprozeßübertragungsverhalten	94
6.4 Prozeßmodell	99
6.5 Vereinfachung des Prozeßmodells	101
6.6 Prozeßmodell für die Stabilitätsanalyse	105
7 Bestätigung des Prozeßmodells	107
7.1 Maschinenübertragungsverhalten	107
7.1.1 Bereitstellen der Relativ-Nachgiebigkeiten für Versuchsmaschine 1	108
7.1.2 Bereitstellen der Relativ-Nachgiebigkeiten für Versuchsmaschine 2	109
7.2 Zerspanprozeßübertragungsverhalten	110
7.3 Stabilitätsanalyse	111
7.3.1 Störübertragungsfunktion für die Stabilitätsbetrachtung	111
7.3.2 Halbgrafisches vereinfachtes Kriterium nach Nyquist	113
7.3.3 Programmbeschreibung zur Stabilitätsanalyse am Personal Computer	118
7.4 Ergebnisse der Stabilitätsanalyse an Versuchsmaschine 1 und 2	121
7.4.1 Vergleich der Stabilitätsanalyse mit dem Betriebsverhalten	121
7.4.2 Varianten von Stabilitätskarten	125

8 Stabilitätsanalyse mit rechnerisch ermittelten Maschinen-Nachgiebigkeiten	127
8.1 Ergebnisse an Versuchsmaschine 1	127
8.2 Ergebnisse an Versuchsmaschine 2	129
8.3 Einsatz der Stabilitätsanalyse zur dynamischen Optimierung in der Entwurfsphase	129
8.3.1 Berechnung der Maschinen-Nachgiebigkeiten für konstruktive Varianten der Versuchsmaschine 2	131
8.3.2 Messung der Maschinen-Nachgiebigkeiten für konstruktive Varianten der Versuchsmaschine 2	136
8.3.3 Vergleich des Stabilitätsverhaltens der konstruktiven Varianten	140
8.4 Schlußfolgerungen	140
9 Zusammenfassung	143
10 Literaturverzeichnis	147