

Volker Trucks

**Rechnergestützte
Beurteilung von
Getriebestrukturen in
Werkzeugmaschinen**

Mit 64 Abbildungen

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York London Paris
Tokyo Hong Kong Barcelona Budapest 1996

Inhaltsverzeichnis

Bezeichnungen	IV
1 Einführung	1
1.1 Einleitung.....	1
1.2 Stand der Forschung.....	7
1.2.1 Berechnung von Getriebestrukturen	7
1.2.2 Berechnung von Werkzeugmaschinenkomponenten.....	9
1.3 Zielsetzung der Arbeit	11
2 Theoretische Grundlagen der Schwingungslehre	13
2.1 Schwingungen an Werkzeugmaschinen	13
2.2 Grundprinzipien der Strukturdynamik	16
2.2.1 Die Methode der Finiten Elemente.....	17
2.2.1.1 Aufstellung der Elementmatrizen	18
2.2.1.2 Richtungstransformation	19
2.2.1.3 Superposition der Elementmatrizen auf Systemebene.....	20
2.2.2 Dynamische Analyse.....	21
2.2.2.1 Modale Berechnung mechanischer Strukturen.....	21
2.2.2.2 Dynamische Kenngrößen und Systemverhältnisse.....	23
2.2.2.3 Zusammenfassung	24
3 Modellbildung von Getriebestrukturen	26
3.1 Getriebestrukturen in Werkzeugmaschinen	26
3.2 Methoden der Modellbildung.....	27
3.2.1 Konzeptionsprozeß und FE-Modellbildung	27
3.2.1.1 Ablauf der Getriebekonstruktion	28
3.2.1.2 Datenmodelle für Konstruktion und Berechnung.....	31
3.2.2 Allgemeiner Aufbau eines FE-Analyse-Modells	34
3.2.2.1 Anforderungen	34
3.2.2.2 Elementarten zur FE-Modellierung.....	35
3.2.2.3 Automatische und manuelle Modellbildung.....	38
3.3 Modellkonzept des Programmsystems ASDY.....	39
4 Modellbildung mit ASDY	43
4.1 Konzeptmodellierung eines Getriebes	43
4.1.1 Grafisch-interaktive Geometrieingabe mit ASDY-CAD.....	43
4.1.2 Bausteine-Bibliothek zur Getriebemodellierung.....	45

4.1.3 Konzeptmodellierung mit Standard-CAD-System	48
4.1.4 Bewertender Vergleich der Lösungen	50
4.2 FE-Modellgenerierung mit ASDY-FEM	51
4.3 Programmtechnischer Aufbau der Module	55
4.4 Genauigkeit der Parameterbestimmung	58
5 Berechnungsverfahren	61
5.1 Anforderungen.....	61
5.2 Berechnung mit ASDY-Solver	63
5.3 Berechnung mit Standard-FEM-Programm	66
5.3.1 Struktur des FEM-Programms.....	66
5.3.2 Schnittstelle ASDY - MSC/NASTRAN	67
5.4 Vergleich der Berechnungsverfahren.....	71
5.4.1 Berechnung einer Ein-Wellen-Teststruktur	71
5.4.2 Berechnung einer realen Welle	72
5.4.3 Berechnung eines realen Getriebes.....	73
5.4.4 Vergleichende Beurteilung	74
5.5 Einfluß der Dämpfung	75
5.5.1 Gedämpfte Schwingungssysteme	75
5.5.2 Dämpfung auf Systemebene	78
5.5.3 Dämpfung auf Elementebene	79
5.5.4 Bewertung und Anwendung der Dämpfungsansätze.....	80
6 Ergebnisdarstellung und Schwachstellenanalyse	82
6.1 Allgemeine Vorgehensweise	82
6.1.1 Verformungsarten der Getriebe und Wellen	83
6.1.2 Zuordnung physikalischer und konstruktiver Parameter	84
6.1.3 Schrittweise Ergebnisauswertung	85
6.2 Gesamtübertragungsverhaltens des Getriebes	87
6.3 Schwachstellenanalyse auf Getriebeebene	90
6.3.1 Absolute und drehzahlreduzierte Torsionsdarstellung.....	91
6.3.2 Massen- und Nachgiebigkeitsmodell.....	94
6.3.3 Analyse der Verformungsanteile der Übersetzungsstufen	95
6.4 Schwachstellenanalyse einzelner Wellen	96
6.4.1 Biegelinienanalyse	97
6.4.2 Axiale Verformungen der Einzelwelle	102
6.5. Programmtechnische Umsetzung.....	103
6.6 Ganzheitliche Bewertungsansätze	104
6.6.1 Systemverhalten bei Fremderregung	104
6.6.2 Systemverhalten bei Selbsterregung	105

7 Kopplung von Getriebestruktur und Gehäuse	109
7.1 Anforderungen und Zielsetzung.....	109
7.2 Möglichkeiten zur Kopplung der Teilmodelle.....	111
7.3 Programmtechnische Realisierung.....	114
7.3.1 Modellbildung der Gehäusekomponenten.....	114
7.3.2 Definition und Modellierung der Schnittstellen.....	114
7.3.3 Koordinatentransformation.....	116
7.3.4 Berechnung und Darstellung.....	120
7.4 Ergebnisse einer Beispielrechnung.....	121
8 Zusammenfassung und Ausblick	124
9 Literaturverzeichnis	127