

Inhaltsverzeichnis

	Begriffe, Abkürzungen	11
	Formelzeichen	14
1	Ausgangslage und Problemstellung	17
1.1	Ausgangslage	17
1.2	Problemstellung und Ziel	20
2	Analyse des Standes der Technik	25
2.1	Stabilitätsbeeinflussende Spindelkomponenten	25
2.1.1	Spindelwelle und Werkzeug	25
2.1.2	Lagerung der Spindelwelle	25
2.1.2.1	Wälzlager	25
2.1.2.2	Fluidgeschmierte Gleitlager	26
2.1.2.3	Luftlager	27
2.1.2.4	Magnetlager	28
2.1.3	Antrieb der Spindelwelle	31
2.1.3.1	Reluktanzmotor	35
2.1.3.2	Asynchronmotor	36
2.1.3.3	Synchronmotor	37
2.2	Bisherige Lösungsansätze	38
2.2.1	Maßnahmen zur Überwachung und Systembeeinflussung	38
2.2.2	Patentschriften	44
3	Systemanalyse	47
3.1	Betrachtung der statischen Systemsteifigkeit	47
3.2	Konzept zur Variation der Systemeigenschaften	49

4	Parametereinfluss der mehrfach gelagerten Spindelwelle	53
4.1	Modellierung einer Spindelwelle	53
4.1.1	Rotormodelle	53
4.1.2	Besonderheiten von Motorspindelwellen	55
4.2	Statisches Verhalten der Spindelwelle	56
4.2.1	Modellparameter	57
4.2.2	Abgeleitete Größen	58
4.3	Einfluss der Lagersteifigkeiten und der Lageranordnung	61
4.3.1	Vorderes Spindellager	53
4.3.2	Hinteres Spindellager	64
4.3.3	Mittleres Zusatzlager	65
4.4	Systemsteifigkeit und Korrekturkraft	68
4.4.1	Größe und Richtung der Korrekturkraft	68
4.4.2	Angriffspunkt der Korrekturkraft	70
4.4.3	Einfluss der Lagersteifigkeiten bei Korrekturkraft	72
5	Variation der dynamischen Spindeleigenschaften	77
5.1	FE-Modell	77
5.1.1	Modellierung von Welle, Läufer und Lagerung	77
5.1.2	Lenkerführung des Modells	80
5.2	Dynamischer Einfluss der Lagerparameter	83
5.2.1	Modalanalyse	83
5.2.2	Dämpfung der Spindelwelle	87
5.2.2.1	Innere Dämpfung	88
5.2.2.2	Äußere Dämpfung	89
5.2.2.3	Stabilität	91
5.2.3	Amplitudenfrequenzgang	92
5.3	Dämpfungseinfluss der Lager	96
5.3.1	Vorderes Spindellager	97

5.3.2	Mittleres Spindellager (Magnetisches Zusatzlager)	98
5.3.3	Hinteres Spindellager	98
5.4	Systemverhalten	101
6	Entwurfsregeln für eine selbstoptimierende Motorspindel	109
6.1	Entwurf des Quetschöldämpfers	109
6.1.1	Aufbau und Funktion	109
6.1.2	Auslegung, Dämpfung und Ersatzsteifigkeit	111
6.2	Entwurf des Magnetlagers	113
6.2.1	Aufbau und Funktion	113
6.2.2	Auslegung	115
6.2.3	Steifigkeitsregelung	117
6.2.4	Sensoren	123
7	Zusammenfassung	125
8	Literaturverzeichnis	129
9	Anlagen	135