

Inhaltsverzeichnis

SYMBOLVERZEICHNIS	15
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	19
1 EINLEITUNG	21
2 STAND DER WISSENSCHAFT UND TECHNIK.....	27
2.1 Begriffsabgrenzung additive mechatronische Systeme	27
2.2 Additive mechatronische Systeme für spanende Werkzeugmaschinen	29
2.2.1 Übersicht	29
2.2.2 AMS für Vorschubsysteme.....	30
2.2.3 AMS für Gestellkomponenten	33
2.2.4 AMS für Führungssysteme.....	38
2.2.5 AMS für Hauptspindeln	40
2.2.6 AMS für Werkzeuge und Werkzeugaufnahmen.....	44
2.2.7 AMS für Werkstücke und Werkstückaufnahmen	48
2.2.8 Neuordnung nach Integrationszielen	50
2.3 Entwicklungsmethoden für mechatronische Systeme	52
2.4 Entwicklungsmethoden für Werkzeugmaschinen	54
2.5 Schlussfolgerung und Defizite.....	55
3 ZIELSTELLUNG	57
4 EINGRIFFSPOTENZIALE ZUR FUNKTIONALITÄTSVERBESSERUNG VON WERKZEUGMASCHINENKOMPONENTEN	59

4.1	Übersicht	59
4.2	Mechanische Komponenten von Werkzeugmaschinen	60
4.2.1	Funktionen mechanischer Komponenten	60
4.2.2	Funktionalitätsbestimmende Parameter	63
4.2.3	Eingriffspotenziale	65
4.3	Mechanische Elemente von Servoachsen	70
4.3.1	Funktionen inhärenter mechatronischer Antriebssysteme ...	70
4.3.2	Funktionalitätsbestimmende Parameter	72
4.3.3	Einfluss mechanischer Parameter auf die Funktionalität von Servoachsen	74
4.3.3.1	Messsystemankopplung.....	74
4.3.3.2	Steifigkeit.....	79
4.3.3.3	Dämpfung.....	80
4.3.3.4	Dämpfung einer zweiten lastseitigen Trägheit.....	82
4.3.3.5	Elastischen Basis	84
4.3.4	Alternative steuerungs- und regelungsseitige Ansätze.....	86
4.4	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	87
5	BEWERTUNG VON EINGRIFFSSTRATEGIEN FÜR ADDITIVE MECHATRONISCHE SYSTEME	89
5.1	Übersicht	89
5.2	Funktionen additiver mechatronischer Systeme	90
5.3	Funktionalitätsbestimmende Kriterien	93
5.4	Vereinfachte Modellierung von AMS.....	94
5.5	Systemintegrationsszenarien	96
5.6	Diskussion von AMS-Szenarien zur Funktionalitätsverbesserung von WZM	99
5.6.1	Vorgehensweise	99

5.6.2	Betrachtete Reglungsstrategien.....	100
5.6.3	Betrachtete Eingriffsstrategien.....	100
5.6.4	Eingriffsstrategien für störkrafterregte mechanische Systeme	102
5.6.4.1	Parallel-strukturintegrierter Aktor	102
5.6.4.2	Inertialmasseaktor.....	104
5.6.4.3	Seriell-strukturintegrierter nachgeordneter Aktor, Masseeverhältnis 1:99	104
5.6.4.4	Seriell-strukturintegrierter nachgeordneter Aktor, Masseeverhältnis 1:1	107
5.6.4.5	Seriell-strukturintegrierter nachgeordneter Aktor, Masseeverhältnis 99:1	109
5.6.4.6	Seriell-strukturintegrierter vorgeordneter Aktor, Masseeverhältnis 1:99	111
5.6.4.7	Seriell-strukturintegrierter vorgeordneter Aktor, Masseeverhältnis 1:1	113
5.6.4.8	Seriell-strukturintegrierter vorgeordneter Aktor, Masseeverhältnis 99:1	115
5.6.5	Eingriffsstrategien für wegerregte mechanische Systeme.	117
5.6.5.1	Seriell-strukturintegrierter Aktor mit starrer Maschine	117
5.6.5.2	Seriell-strukturintegrierter Aktor mit elastischer Maschine.	119
5.6.6	Eingriffsstrategien für Servoachsen mit mechanischen Elastizitäten	121
5.6.6.1	Aktive Beeinflussung der lastseitigen Elastizität mittels parallel-strukturintegriertem Aktor	121
5.6.6.2	Aktive Beeinflussung der lastseitigen Elastizität mittels Inertialmasseaktor.....	123
5.6.6.3	Aktive Beeinflussung der lastseitigen Elastizität mittels seriell-strukturintegriertem nachgeordnetem Aktor	125
5.6.6.4	Aktive Erhöhung der Eigenfrequenz der lastseitigen Elastizität mittels parallel-strukturintegriertem Aktor	127
5.6.6.5	Redundantes Antriebssystem mit unabhängiger Sollwertvorgabe	129
5.6.6.6	Redundantes Antriebssystem mit Regelabweichung der Grundachse als Sollwertvorgabe für Zusatzachse	133

5.7 Zusammenfassung und Ableitungen von Auswirkungen auf den Entwicklungsprozess von Werkzeugmaschinen und additiven mechatronischen Systemen	135
6 ANWENDUNGSBEISPIELE	139
6.1 Übersicht	139
6.2 Aktive Schwingungsisolation von Werkzeugmaschinen	140
6.2.1 Zielstellung und Einordnung.....	140
6.2.2 Modell der Werkzeugmaschine.....	142
6.2.3 Aktive Schwingungsisolation mit vereinfachtem Isolatormodell.....	144
6.2.4 Konzept und Modell eines elektrohydraulischen Schwingungisolators	146
6.2.5 Aktive Schwingungsisolation mit detailliertem Isolatormodell.....	149
6.3 Erzeugung von hochdynamischen Schwingbewegungen zum Festklopfen.....	151
6.3.1 Zielstellung und Einordnung.....	151
6.3.2 Prinzip des piezobasierten Festklopfwerkzeuges	152
6.3.3 Vereinfachte Modellierung von Klopfprozess, PFKW und WZM	153
6.3.4 Experimentelle Verifizierung	158
6.4 Aktive Dämpfung zur Erhöhung der Prozessstabilität beim Fräsen	160
6.4.1 Zielstellung und Einordnung.....	160
6.4.2 Modell der Werkzeugmaschine.....	161
6.4.3 Aktive Dämpfung mit vereinfachtem Aktormodell	162
6.4.4 Aktive Dämpfung mit detailliertem Aktormodell	163
6.4.5 Experimentelle Verifizierung	166
7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	169
LITERATURVERZEICHNIS	173

ANLAGEN	193
A1 MATLAB/SIMULINK-MODELL DER AKTIVEN SCHWINGUNGSISOLATION MIT VEREINFACHTEM ISOLATORMODELL.....	193
A2 KOMPONENTEN DES HYDRAULIKAKTORS	194
A3 AKTOR-, VENTIL- UND HYDRAULIKPARAMETER	195
A4 MATLAB/SIMULINK-MODELL DER AKTIVEN SCHWINGUNGSISOLATION MIT DETAILLIERTEM ISOLATORMODELL.....	196
A5 ÜBERSICHT DER MODELLPARAMETER DES PFKW.....	197
A6 MODALPARAMETER DER EIGENMODEN IN DER XZ-EBENE....	198
LEBENSLAUF	199